



Universidade de Aveiro Departamento de Engenharia Civil
2013

**Fábio Gonçalo de
Almeida Rocha
Dias Pires**

Sistemas construtivos modulares em madeira



Universidade de Aveiro Departamento de Engenharia Civil
2013

**Fábio Gonçalo de
Almeida Rocha
Dias Pires**

Sistemas construtivos modulares em madeira

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica do Doutor Miguel Nuno Lobato de Sousa Monteiro de Moraes, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e sob a co-orientação científica do Doutor Paulo Barreto Cachim, Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho à minha família, por serem o meu grande suporte.

o júri

presidente

Prof. Doutor Aníbal Guimarães da Costa
professor catedrático da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Rui Humberto Costa de Fernandes Póvoas
professor associado da Faculdade de Arquitetura da
Universidade do Porto

Prof. Doutor Miguel Nuno Lobato de Sousa Monteiro de
Morais
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Paulo Barreto Cachim
professor associado da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Miguel Morais, pela disponibilidade e apoio demonstrado ao longo destes meses e pela transmissão de conhecimentos e conselhos para a melhor realização deste trabalho.

Ao meu co-orientador, Professor Paulo Cachim, pela ajuda e disponibilidade apresentada.

Aos meus colegas e amigos da Universidade de Aveiro, em especial, a Ana Rita Raleira, André Reis, Cláudia Cunha, João Teixeira, Marco Nascimento, Nelson Teixeira, Ricardo Carranca e Sérgio Cunha por todos os momentos de descontração e convívio ao longo deste período.

À Carla, por todo o apoio e paciência nos momentos menos bons e pelas palavras de incentivo e motivação.

Aos meus pais, pela educação que me deram e pela ajuda e incentivo ao longo da minha vida.

A todas as pessoas que, de uma maneira ou outra, me ajudaram a concretizar esta etapa tão importante da minha vida.

palavras-chave

Casas de madeira, pré-fabricação, painéis modulares, análise técnica, análise económica

Resumo

As casas de madeira, para além da construção tradicional, podem ser construídas através de elementos estruturais, como vigas, pilares ou coberturas, produzidos em fábrica e montados em obra. Neste ponto destacam-se ainda os painéis modulares. Desta forma, a presente dissertação tem como principal objetivo apresentar e analisar sistemas construtivos pré-fabricados em madeira que utilizam a modulação.

Foi feita uma pesquisa de empresas nacionais produtoras desses sistemas, a partir da qual foram descritas e apresentadas as suas principais características, desde os materiais utilizados ao processo construtivo e ainda alguns exemplos de aplicação.

Foi realizada uma análise técnica dos sistemas, de modo a averiguar a sua fiabilidade, segundo exigências de habitabilidade e estabilidade, onde foi possível observar o bom desempenho das soluções, nomeadamente a nível térmico e acústico, desde que devidamente isolados.

No âmbito deste trabalho foi feito um estudo de mercado, de forma a obter os preços dos sistemas construtivos e a realizar uma análise financeira para apurar a competitividade destes sistemas. Foi possível constatar a disparidade de preços praticados pelas empresas.

keywords

Wooden houses, prefabrication, modular panels, technical analysis, economic analysis

abstract

The wooden houses, apart from traditional construction can be made through structural elements such as beams, columns or covers, produced in factory and installed in work. On this point also stand out the modular panels. In this way, the main goal of this thesis is to present and to analyze building systems prefabricated wood using modulation.

It was made a research of national companies producing these systems, from which have been described and presented their main characteristics, from the materials used to the construction process and even some application examples.

A technical analysis of the systems was made, in order to ascertain it's reliability, depending on requirements of habitability and stability, where it was possible to note the good performance of the solutions, namely thermal and acoustic level, if properly insulated.

As part of this work was done a market study to get the prices of building systems and conduct a financial analysis to determine the competitiveness of these systems. It was possible to see the disparity of prices charged by the companies.

ÍNDICE GERAL

Índice de tabelas	iv
Índice de figuras	v
Lista de acrónimos.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	2
1.1. Objetivos	2
1.2. Motivação.....	2
1.3. Organização da dissertação	3
2. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO	6
3. MADEIRA E DERIVADOS	12
3.1. Madeira maciça	12
3.2. Derivados de madeira.....	13
3.2.1. Contraplacados	13
3.2.2. Aglomerado de Partículas de Madeira.....	14
3.2.3. Aglomerado de Partículas de Madeira Longas e Orientadas (OSB)	15
3.2.4. Aglomerado de Fibras de Madeira	17
3.2.5. Madeira Lamelada Colada (MLC)	18
3.2.6. Laminated Veneer Lumber (LVL)	19
4. SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM MADEIRA.....	22
4.1. MESQUITA MADEIRAS – SISTEMA DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA LEVE	22
4.2. JULAR – TREEHOUSE	24
4.3. SPRING CONSTRUÇÕES, LDA.- LAPPONIA HOUSE	28

4.4. MODULAR SYSTEM.....	30
4.5. TOSCCA®	33
4.6. CARMEL	36
4.7. IMOWOOD - WOODHOUSE.....	38
4.8. TISEM - KLH	41
5. COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS	46
5.1. Definição dos elementos constituintes de uma estrutura pré-fabricada em madeira.....	48
5.1.1. Fundações	49
5.1.2. Paredes Exteriores	50
5.1.3. Paredes Interiores	54
5.1.4. Pavimento	56
5.1.5. Cobertura	57
5.1.6. Caixilharia, Portas e Janelas	59
5.1.7. Redes e Equipamentos.....	60
5.2. Manutenção	64
5.3. Análise económica das soluções	64
5.3.1. Jular - Treehouse	65
5.3.2. Carmel	67
5.3.3. Toscca.....	68
5.3.4. Imowood – Woodhouse.....	69
5.3.5. Tisem	71
5.3.6. Spring Construções, Lda. – Lapponia House	72
5.3.7. Modular System.....	73
6. CONCLUSÕES FINAIS E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	78

6.1. Conclusões finais.....	78
6.2. Desenvolvimentos futuros.....	79
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXOS	87
ANEXO I - Modelo “Baleal 200” da Carmel.....	89
ANEXO II - Modelo “Lapponia 208” da Lapponia House.....	91
ANEXO III - Modelo “M.1+” da Modular System	93
ANEXO IV - Orçamento Imowood	95

Índice de tabelas

Tabela 1 - Tipos de placas de aglomerado de partículas longas orientadas (Cachim, 2007).	16
Tabela 2 - Síntese dos sistemas construtivos em madeira	47
Tabela 3 - Elementos constituintes de uma estrutura pré-fabricada em madeira	48
Tabela 4 - Parâmetros da habitação	65
Tabela 5 - Preço médio do módulo.....	66
Tabela 6 - Preço total da habitação Treehouse	66
Tabela 7 - Preço total da habitação Carmel	67
Tabela 8 - Preço unitário da habitação	68
Tabela 9 - Preço total da habitação Toscca	69
Tabela 10 - Preços totais para KVH e MLC.....	70
Tabela 11 - Preços unitários para KVH e MLC	70
Tabela 12 - Preço total da habitação Tisem.....	71
Tabela 13 - Preço unitário da habitação	72
Tabela 14 - Preço total da habitação Lapponia House	72
Tabela 15 - Preço unitário da habitação	74
Tabela 16 - Preço total da habitação Modular System	74
Tabela 17 - Síntese de preços	75
Tabela 18 - Orçamento	95
Tabela 19 - Orçamento detalhado.....	95

Índice de figuras

Figura 1 - Teepees Norte-Americanos (Pastore, 1998)	6
Figura 2 - Pagode do templo de Horyuji à esquerda (Nishi & Hozumi, 1996); Pagode de Yingxian à direita (Castro, 2007)	7
Figura 3 - Construção em troncos de madeira - Biskupin, Polónia (aniascheer, 2011)	8
Figura 4 - Estrutura em "gaiola" (Pais, 2011)	9
Figura 5 - Madeira redonda à esquerda e madeira serrada à direita (Araujo, 2010)	12
Figura 6 - Contraplacado de madeira (SOMAPIL, 2012)	14
Figura 7 - Placas de aglomerado de partículas de madeira (COVEMA, 2011).....	15
Figura 8 - Placa de OSB (Sander, 2007)	16
Figura 9 – Cobertura realizada com placas de OSB à esquerda; Pormenor de encaixe das placas de OSB na realização de um pavimento à direita (Onduline, 2010)	17
Figura 10 - Placas de MDF cru (SOMAPIL, 2012)	18
Figura 11 - Aplicações da madeira lamelada colada (MadeiraEstrutural, 2009)	19
Figura 12 - Placas de LVL (PortaldaMadeira, 2009)	20
Figura 13 - Painéis de fachada com vão: à esquerda, de janela de guilhotina, incorporando caixa de estores, à direita, de janela giratória (Mesquita Madeiras, 2004).....	23
Figura 14 - Contraventamento vertical e horizontal (Mesquita Madeiras, 2004)	24
Figura 15 - Transporte do módulo em camião e colocação em obra por meio de uma grua (Treehouse, 2010).....	26
Figura 16 - Vigas Finnjoist e sua aplicação na execução de lajes (JULAR, 2008).....	27
Figura 17 - Pannel utilizado na execução de uma Lapponia House (Spring Construções, 2013).....	28
Figura 18 - Pormenor de realização de um canto com painéis planos (Spring Construções, 2013).....	29

Figura 19 - Colocação do painel em obra e realização de um edifício com o sistema Cross Laminated Timber (Spring Construções, 2013)	30
Figura 20 - Exemplo de uma casa <i>custom</i> no Gerês; representação 3D de uma casa <i>série</i> (ModularSystem, 2003).....	31
Figura 21 - Casa base (à esquerda), casa nomad (à direita) e mobile home (em baixo) (ModularSystem, 2003).....	32
Figura 22 - Sistema construtivo Blockhouse: em cima parede simples e em baixo parede dupla (TOSCCA, 2012).....	34
Figura 23- Colocação em obra de um painel contra laminado (TOSCCA, 2012).....	35
Figura 24 - Modelo "Lagoa 84" (CARMEL, 2013)	36
Figura 25 - Parede exterior tripla (CARMEL, 2013)	37
Figura 26 - Casa modular da Woodhouse: Modelo T2 - representação 3D e planta (IMOWOOD, 2012)	40
Figura 27 - Colocação dos painéis em obra (Tisem, 2012).....	42
Figura 28 - Distanciadores metálicos e pilares de madeira, ambos para sobrelevar a estrutura (Treehouse, 2010).....	49
Figura 29 - Solução tipo à esquerda (Mesquita Madeiras, 2004) e sistema nórdico à direita (IMOWOOD, 2012)	50
Figura 30 - Ligadores metálicos: à esquerda, ligação parede-parede (JULAR, 2008); à direita, ligação parede-pavimento (Tisem, 2012).....	51
Figura 31 - Ligadores metálicos ocultos (SIMPSON, 2010)	51
Figura 32 – Junta vertical intermédia (Mesquita Madeiras, 2004).....	52
Figura 33 – Paredes interiores (CARMEL, 2013).....	55
Figura 34 – Ligação das paredes interiores (Mesquita Madeiras, 2004).....	56
Figura 35 – Execução do pavimento (Mesquita Madeiras, 2004).....	57
Figura 36 – Pormenor de ligação da cobertura á parede resistente (SIMPSON, 2010) e (Mesquita Madeiras, 2004).....	58

Figura 37 – Caixilharia metálica (Tisem, 2012).....	59
Figura 38 – Construção em troncos (Spring Construções, 2013).....	60
Figura 39 – Execução de roços para instalação elétrica (Tisem, 2012)	61
Figura 40 - Colocação das tubagens no pavimento e na parede (Tisem, 2012)	62
Figura 41 – Conduta metálica (Summavielle, 2005).....	63
Figura 42 - Planta do modelo Baleal 200 (CARMEL, 2013).....	89
Figura 43 - Desenho modelo Baleal 200 (CARMEL, 2013).....	90
Figura 44 - Planta modelo "Lapponia 208" (Spring Construções, 2013).....	91
Figura 45 - Modelo "Lapponia 208" (Spring Construções, 2013)	92
Figura 46 - Planta modelo "M.1+" (ModularSystem, 2003)	93
Figura 47 - Desenho modelo "M.1+" (ModularSystem, 2003)	94

Lista de acrónimos

DIN – Deutsche Industrie Normen

ETA – European Technical Approval

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LVL – Laminated Veneer Lumber

MDF – Medium Density Fibreboard

MLC – Madeira Lamelada Colada

OSB – Oriented Strand Board

RCCTE – Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios

RRAE - Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios,

RSCIE - Regulamento de Segurança Contra Incêndio em Edifícios

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

Capítulo 1

Introdução

1. INTRODUÇÃO

1.1. Objetivos

A presente dissertação tem como principal objetivo o estudo e análise de sistemas construtivos modulares pré-fabricados em madeira.

O estudo consistiu na pesquisa de empresas construtoras deste tipo de soluções em Portugal, ou empresas nacionais responsáveis pela distribuição de sistemas construtivos estrangeiros. A análise realizada teve duas vertentes: uma mais técnica, avaliando as características e especificidades das soluções e uma mais económica, fazendo uma análise dos custos praticados pelas empresas consultadas.

Desta forma, pretende-se sintetizar toda a informação relativa aos sistemas modulares pré-fabricados em madeira, desde a sua produção, transporte e montagem em obra, visto tratar-se de um tipo de solução pouco divulgada em Portugal.

Com a realização deste trabalho objetiva-se demonstrar que uma habitação pré-fabricada em madeira é segura, confortável e económica.

1.2. Motivação

A realização deste trabalho justifica-se pelo facto de, a título pessoal, ser um tipo de construção praticamente desconhecida, e daí acrescer um interesse e motivação extra para a execução do mesmo.

O facto de as empresas nacionais não disponibilizarem informação rigorosa e objetiva relativamente a este tipo de solução é também um dos motivos na execução desta dissertação.

Por fim, mas não menos importante, tentar combater alguns preconceitos associados às habitações e edifícios de madeira em Portugal, como serem de pouca qualidade e segurança ou mesmo de nível provisório.

1.3. Organização da dissertação

A presente dissertação está organizada em seis capítulos.

No Capítulo 1 são definidos os objetivos a que se propõe este trabalho, a motivação para a sua realização e organização.

No Capítulo 2 é feito um enquadramento histórico das estruturas em madeira e a sua evolução até aos dias de hoje.

O Capítulo 3 refere-se à utilização da madeira maciça e dos seus derivados na construção civil, apresentando-se as suas principais propriedades e aplicações.

No Capítulo 4 são apresentados os sistemas construtivos modulares em madeira, segundo as suas características e especificidades.

No Capítulo 5 é feita uma comparação dos sistemas construtivos das empresas e também uma análise económica dos mesmos.

Por fim, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões finais do trabalho e sugeridos alguns desenvolvimentos futuros.

Capítulo 2

Enquadramento histórico

2. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

Desde o tempo em que o Homem saiu das grutas onde habitava, a madeira foi a primeira matéria-prima a ser utilizada para a sua proteção. Devido à existência de madeira em abundância na natureza, à sua leveza, à sua resistência e à sua facilidade de trabalhar, tornou-se um material usado para diversos fins, desde a criação de utensílios até à construção de habitações.

As primeiras estruturas em madeira baseavam-se apenas na utilização de ramos de árvores ou pequenos troncos, enterrados no solo e amarrados no topo, cobertos por todo o tipo de materiais orgânicos existentes, desde folhas, ervas, mesmo casca de árvores, cumprindo assim as exigências de abrigo e proteção mais elementares (Casema, 2013).

Um dos muitos exemplos dessas estruturas rudimentares são os *teepees* dos índios norte americanos, constituídos por varas dispostas em forma de cone, cobertos por tecidos e folhas, como representa a Figura 1. Com a finalidade de fornecer abrigo, a cobertura era o elemento fundamental da estrutura (Cachim, 2007).

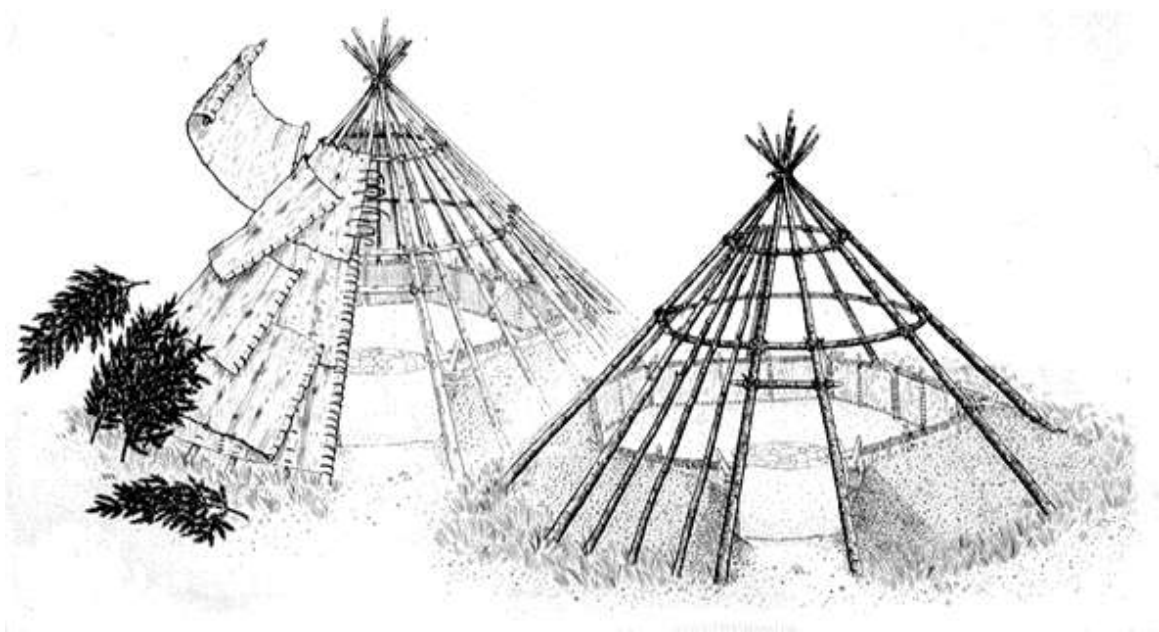


Figura 1 - Teepees Norte-Americanos (Pastore, 1998)

Um pouco por todo o mundo e em diferentes períodos da história, a utilização da madeira na construção de habitações teve um papel determinante. A forma como as estruturas se desenvolveram foi sempre condicionada pelas características culturais das populações e

por aspetos políticos e geográficos. De acordo com vestígios arqueológicos, no período neolítico (5000 a.C.), já se construíam habitações recorrendo a troncos de madeira, chegando mesmo alguns historiadores a defenderem que nessa época já se construíam casas utilizando troncos cortados em secção retangular (Casema, 2013).

Com o conhecimento e aprendizagem do Homem em trabalhar os metais, referente à Idade do Bronze, tornou-se mais fácil cortar e moldar a madeira, permitindo assim o desenvolvimento de sistemas de ligações mais complexos. Começaram então a aparecer novas formas de habitação e cada vez maiores e mais complexas e com um carácter mais duradouro (Cachim, 2007).

Na Ásia, as construções em madeira já apresentavam uma elevada complexidade e evolução das suas ligações. Unidas entre si por fibras vegetais, apresentavam níveis de solidez e de segurança estrutural elevados, constituindo talvez o método mais eficaz e económico de utilização de materiais provenientes da natureza. Em países como a China, o Japão e a Coreia, sempre houve uma grande tradição na construção de edifícios em madeira, nomeadamente na construção de imponentes estruturas como templos, castelos ou palácios. Ao longo dos anos, grande parte dessas mesmas estruturas acabaram por ser destruídas devido aos inúmeros incêndios ocorridos durante os tempos de guerra, mas daqueles que ainda subsistem são exemplos o templo Horyuji, localizado na cidade de Nara, Japão e a pagode de Yingxian, na China. O primeiro é considerado a mais antiga construção do mundo em madeira (607 d.C.) e é constituído por 5 andares e o segundo é o maior e mais antigo templo de madeira na China (séc. XI), constituído por 9 andares.



Figura 2 - Pagode do templo de Horyuji à esquerda (Nishi & Hozumi, 1996); Pagode de Yingxian à direita (Castro, 2007)

Com a existência de grandes florestas no norte e este da Europa, uma das primeiras formas de construção de casas de madeira nessas zonas terá sido a construção com troncos, dispostos na horizontal e na vertical. Os troncos na horizontal eram unidos entre si nos cantos, dando maior estabilidade à construção em comparação ao sistema dos troncos dispostos na vertical. Apresentavam alguns problemas de estanquidade, uma vez que não se conseguia garantir que os espaços entre eles fossem tapados de modo a evitar infiltrações de ventos e águas. Esta estanquidade era conseguida, calafetando as fendas com telas tecidas na cor da madeira ou, nas casas mais humildes, com argila, musgo ou terra. Sabe-se que no ano 700 a.C. em Biskupin, na Polónia existiu uma povoação constituída por casas de troncos, como se constata na Figura 3. Com o avançar dos anos, as técnicas de construção em madeira e os seus sistemas de ligação tiveram uma grande evolução. Prova disso foi o desenvolvimento das técnicas de serragem, a partir do século XV, facilitando a obtenção de tábuas mais grossas que por meio de espigas permitiram uma melhor união entre si, resultando na realização de paredes estruturais com um menor consumo de madeira e melhores características de estanquidade e estabilidade. Tais observações fizeram com que as casas de troncos fossem, progressivamente, substituídas por casas de tábuas ou troncos retangulares (Casema, 2013).



Figura 3 - Construção em troncos de madeira - Biskupin, Polónia (aniascheer, 2011)

Este sistema de construção em madeira evolui de tal forma que nos finais da Idade Média era possível construir-se edifícios até 5 e 6 pisos com resistências semelhantes a edifícios construídos em pedra e tijolo. Uma das problemáticas deste sistema era o preenchimento dos espaços existentes entre as madeiras: até então era utilizado areia ou argila, aplicados sobre um entrelaçado de ripas e tecido firmemente preso à estrutura, tanto pelo interior como pelo exterior. Depressa este sistema de enchimento foi substituído por alvenarias e

tijolo, uma vez que não apresentava a elasticidade necessária para resistir às contrações e torções da madeira, estalando com facilidade e também para suprimir as telas e os entrelaçados de ripas. Este sistema construtivo foi adotado em Portugal, sendo denominado na zona de Lisboa de “gaiolas”, devido ao aspeto da estrutura e na zona do Porto de “taipas”, fazendo alusão ao tipo de material de preenchimento das paredes.

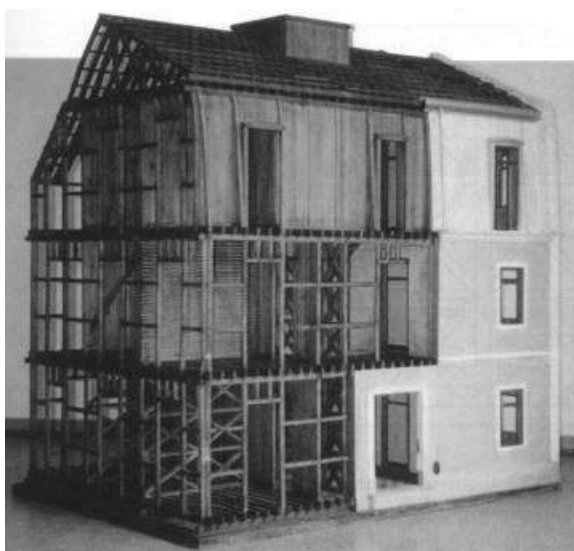


Figura 4 - Estrutura em "gaiola" (Pais, 2011)

No século XVII, as estruturas de madeira alcançaram o seu apogeu e as suas principais características evoluíram até aos dias de hoje. Porém, em meados do século XVIII, com o aparecimento da Revolução Industrial no Reino Unido, impôs-se uma arquitetura tendo como material central o aço. Com perfis de forma e dimensões extremamente variadas, foi possível a realização de novas e mais arrojadas estruturas, como oficinas, hangares ou pontes. A madeira, de emprego empírico e tradicional, começou a ceder o seu lugar ao novo material. Esta “crise” agrava-se, no fim do século XIX, com o aparecimento do betão armado e a compreensão das suas potencialidades. Em muitos países europeus o betão armado torna-se no principal material de construção, concentrando-se esforços no estudo deste novo material, desprezando a utilização da madeira.

Em Portugal, no início do século XX, há uma deficiência de habitações nas grandes cidades, devido ao êxodo rural de muitas famílias existente nessa época. Devido a essa falta de alojamento, a solução encontrada é a realização de habitações pré-fabricadas em madeira devido ao baixo custo e rapidez de execução. Devido a estes fatores, a madeira

fica associada a um tipo de construção temporária, frágil e de baixa qualidade, conceitos que prevaleceram até aos dias de hoje.

Contudo, esse pensamento tem vindo a mudar e tem sido feito um esforço no sentido de reabilitar a madeira como material principal de construção. Por questões ambientais e pela situação económica em que vivemos, as casas de madeira são vistas como uma boa solução na construção de habitações.

Em países desenvolvidos como os Estados Unidos da América, o Canadá, o Japão e os Países Nórdicos, existe uma grande tradição na construção de casas em madeira o que demonstra a qualidade neste tipo de construção.

Capítulo 3

Madeira e derivados

3. MADEIRA E DERIVADOS

Como já foi referido anteriormente, a madeira é um dos principais materiais utilizados na construção. Sendo um material extremamente complexo e com características muito próprias, desde as suas propriedades mecânicas e físicas, possui uma extensa variedade de aplicações.

Com o aparecimento dos derivados de madeira, obtiveram-se novas formas e dimensões das peças em madeira, melhorando assim as suas características. Posto isto, pode-se distinguir dois grupos de madeira utilizados na construção civil: madeira maciça e seus derivados (Martins & Araújo, 2005).

3.1. Madeira maciça

Madeira maciça é todo o tipo de madeira proveniente diretamente dos troncos das árvores sem se proceder a qualquer tipo de colagem. Pode ser classificada de acordo com a forma da sua secção transversal de madeira redonda ou madeira serrada.

A madeira redonda é a forma mais elementar de madeira na construção, uma vez que requer menos operações mecânicas para a sua elaboração. Tem como principais aplicações postes, estacas, jardins infantis, barreiras antirruído, pontes ou torres, em que as dimensões das peças variam entre os 15 e os 25 cm de diâmetro.

As peças de madeira serrada são das mais utilizadas na construção, tendo um comprimento máximo fixado nos 6m, podendo raramente chegar aos 8m. Tem como aplicações mais relevantes vigas, pranchas e tábuas e apresenta como principais inconvenientes a limitação da secção transversal e do seu comprimento (Marques, 2008).



Figura 5 - Madeira redonda à esquerda e madeira serrada à direita (Araujo, 2010)

3.2. Derivados de madeira

Os derivados de madeira são cada vez mais utilizados em detrimento da madeira maciça, uma vez que apresentam qualidades viáveis para o melhoramento das estruturas em madeira. Com o aparecimento destes derivados alargaram-se as aplicações da madeira na construção, correspondendo à procura no mercado de soluções para grandes áreas e pequenas espessuras, através das placas de derivados, como os contraplacados, os aglomerados de fibras e os aglomerados de partículas, e os materiais que servem como substituto viável da madeira maciça, como a madeira lamelada colada e o LVL. De referir que as placas de derivados são objeto de regulamentação e normas específicas, dependendo das características singulares de cada uma. (Cruz & Nunes).

Estas placas de derivados de madeira, quando comparadas com a madeira maciça, apresentam as seguintes vantagens (Machado, 2005):

- Possibilidade de obter placas de vários tipos e características geométricas, independentemente da altura, diâmetro ou forma do tronco;
- Maior resistência no plano da placa;
- Boa relação resistência/peso;
- Maior estabilidade dimensional;
- Versatilidade através de uma rápida adaptação às exigências de mercado (alterações de parâmetros na linha de produção);
- Obtenção de soluções mais homogêneas.

Neste capítulo serão apresentados os derivados de madeira mais relevantes, de acordo com os sistemas construtivos desenvolvidos no Capítulo 4, bem como as suas características e as principais aplicações na área da construção civil.

3.2.1. Contraplacados

É designado por contraplacado todo o tipo de placa de derivado de madeira resultante da colagem de várias folhas de madeira, dispostas com os fios cruzados folha a folha, geralmente de forma perpendicular. A colagem é feita por meio de resinas, seleccionadas em função do ambiente de exposição da placa. Por forma a garantir a simetria da placa, são

utilizados números ímpares de folhas, sendo comuns contraplacados de 3, 5, 7 e 9 camadas (Machado, 2005).

Os contraplacados são classificados de acordo com a sua composição – contraplacado, contraplacado lamelado, contraplacado laminado e contraplacado composto – pela norma “NP EN 313-1:2001 Contraplacado. Classificação e terminologia. Parte 1: Classificação.”

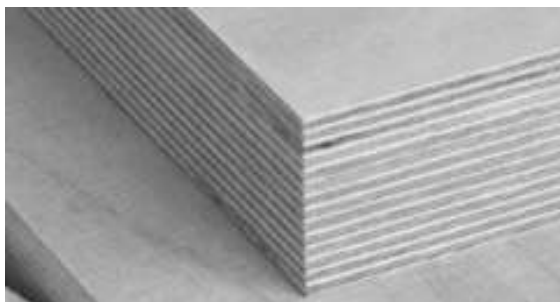


Figura 6 - Contraplacado de madeira (SOMAPIL, 2012)

Este material apresenta como principais vantagens na sua utilização uma elevada resistência ao desgaste, ao choque, à humidade e ao fogo, uma grande durabilidade e facilidade de trabalhar. Devido às suas características, pode ser utilizado na realização de paredes interiores e exteriores, pavimentos antiderrapantes, cofragens, painéis decorativos ou em mobiliário.

3.2.2. Aglomerado de Partículas de Madeira

De acordo com “EN 309:1992. Particleboards. Definition and classification”, as placas de aglomerado de partículas de madeira são painéis constituídos à base de partículas de madeira (lascas, aparas, rebarbas) misturadas com resinas sintéticas e prensadas a altas temperaturas. Por opção, podem ser adicionados aditivos de forma a melhorar o seu desempenho da placa (Cachim, 2007).

A placa é constituída normalmente por três camadas – partículas finas nas faces permitindo a obtenção de uma superfície apta a receber acabamento e partículas mais grosseiras na zona central. As partículas são orientadas aleatoriamente nas três camadas (Machado, 2005).



Figura 7 - Placas de aglomerado de partículas de madeira (COVEMA, 2011)

Uma vez que apresentam uma boa estabilidade dimensional e elevadas resistências mecânica e física, os aglomerados de partículas são talvez o derivado de madeira mais utilizado. É um tipo de solução que apresenta um bom comportamento em condições secas, em condições de risco de humidade ou em situações em que seja exigida elevada resistência ao fogo.

Devido às suas características este tipo de solução tem como possíveis aplicações portas, divisórias, revestimento de pisos e paredes (SOMAPIL, 2012).

3.2.3. Aglomerado de Partículas de Madeira Longas e Orientadas (OSB)

OSB (Oriented Strand Board) ou Aglomerado de Partículas de Madeira Longas e Orientadas são painéis constituídos por lascas de madeira de dimensões geralmente retangulares – 5 a 50 mm de largura por 50 a 75 mm de comprimento e 0,5 mm de espessura – constituindo uma placa de 3 camadas. As lascas das camadas exteriores estão alinhadas paralelamente ao comprimento da placa e na camada intermédia encontram-se dispostas de forma aleatória (Machado, 2005). Encontram-se definidos na “NP EN300:2002. Aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas (OSB). Definições, classificação e especificações”.



Figura 8 - Placa de OSB (Sander, 2007)

Este tipo de placa é um melhoramento das placas de aglomerado de partículas, uma vez que com o aumento das dimensões das partículas de madeira, obtém-se placas com características mecânicas superiores, nomeadamente de resistência e de rigidez. Desde que utilizado de acordo com as respetivas recomendações, é um painel que ao longo da sua vida útil apresenta grande durabilidade, mantendo intactos os seus níveis de desempenho. Por se tratar de um material constituído unicamente por madeira de pequena dimensão e proveniente de florestas geridas de forma sustentável, o OSB apresenta um impacto ambiental reduzido, para além de ser totalmente reciclável.

Existem quatro tipos de OSB, dependendo da sua utilização e do ambiente em que são utilizados (ver tabela 1).

Tabela 1 - Tipos de placas de aglomerado de partículas longas orientadas (Cachim, 2007).

Código	Ambiente	Norma	Tipo de Utilização
OSB/1	Seco	NP EN 300	Fins gerais, interiores
OSB/2	Seco		Estrutural
OSB/3	Húmido		Estrutural
OSB/4	Húmido		Estrutural especial

O OSB é muito utilizado na realização de tetos, uma vez que apresentam elevada resistência à humidade e suportam diferentes tipos de cobertura desde betumes, tijoleiras ou telhas. Também são aplicados em pavimentos, sejam eles domésticos ou industriais, apresentando um sistema macho-fêmea de 2 ou 4 extremidades para pavimentos fixos ou pisos flutuantes (SOMAPIL, 2012).



Figura 9 – Cobertura realizada com placas de OSB à esquerda; Pormenor de encaixe das placas de OSB na realização de um pavimento à direita (Onduline, 2010)

Apesar das inúmeras vantagens apresentadas, este painel, devido ao tipo e dimensões das partículas de madeira que o constitui, não permite um acabamento da superfície tão perfeito como por exemplo nas placas de aglomerado de partículas (Machado, 2005).

Nos últimos anos, dentro da indústria dos derivados de madeira, o OSB trata-se de um dos mais inovadores produtos utilizados na construção civil, sendo considerado um excelente isolante térmico e acústico (JULAR, 2008).

3.2.4. Aglomerado de Fibras de Madeira

A norma europeia “NP EN 316:2001. Aglomerado de fibras de madeira. Definição, classificação e símbolos” define como placa de aglomerado de fibras de madeira aquelas que apresentem uma espessura superior a 1,5 mm produzidas a partir de fibras lenho-celulósicas através da aplicação de cola, calor e/ou pressão (Machado, 2005). Existem sete tipos diferentes de placas de aglomerados de partículas com densidades e propriedades distintas entre elas conforme as normas europeias EN 622, Partes 1 a 5. Diferem também segundo o seu processo de fabrico (húmido e seco) e de acordo com a sua massa específica

(Cachim, 2007). Na elaboração deste trabalho deu-se maior relevância a um tipo de aglomerado de fibras, o MDF, uma vez que dentro desta gama de placas é dos mais utilizados, como se poderá comprovar no capítulo seguinte aquando da análise dos sistemas construtivos em madeira. O MDF (Medium Density Fibreboard) ou Placa de Fibras de Média Densidade é um material que é obtido através da junção e compactação de fibras de madeira com resinas sintéticas, por via seca, através da ação conjunta de pressão e altas temperaturas (COVEMA, 2011). Caracterizada por ser uma placa homogénea – não apresenta uma estrutura em camadas, ao contrário dos aglomerados de partículas. Com excelente estabilidade dimensional, apresenta uma superfície suave e permite acabamentos perfeitos nos bordos e superfície, razão pela qual é amplamente utilizada em mobiliário. Este aglomerado tem um grande número de variantes com as especificidades ditadas pelo fim a que está destinado, como por exemplo, MDF standard, MDF de baixa densidade e MDF resistente à humidade (MR) para os vários tipos de mobiliário, MDF pavimentos e pavimentos resistentes à humidade, para utilização em pavimentos, e MDF moldável, para obtenção de peças curvas.

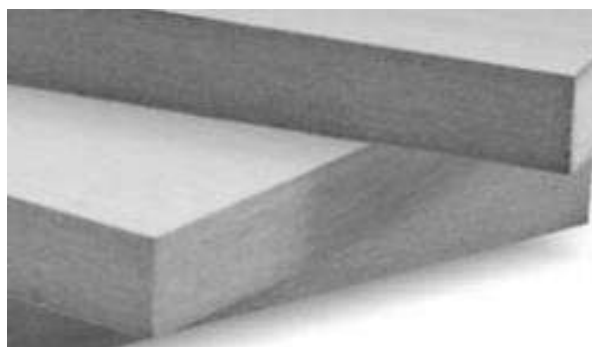


Figura 10 - Placas de MDF cru (SOMAPIL, 2012)

Cada vez mais o MDF é utilizado em pavimentos ou mobiliário, uma vez que apresenta boas características de resistência à humidade e ao fogo, baixa densidade e é de fácil moldagem e lacagem.

3.2.5. Madeira Lamelada Colada (MLC)

A madeira lamelada colada é obtida por colagem, face a face, de elementos de secção de 8 a 12 cm por 4 a 5 cm de madeira classificada e selecionada. São utilizadas colas sintéticas de grande resistência mecânica, boa resistência à humidade, elevada durabilidade e bom comportamento ao fogo, uma vez que resistem a temperaturas próximas da de

carbonização da madeira (Cruz & Nunes). Os elementos base são de madeiras resinosas com espessura máxima de 50 mm e comprimentos variáveis entre os 1,5 e os 5 m. De referir que as pranchas são unidas através de juntas denteadas de modo a formar lamelas contínuas. Devido à sua versatilidade e ao bom desempenho que apresenta, a MLC contribui para o reaparecimento das estruturas em madeira, afirmando-se como um material estrutural, principalmente em estruturas de grande vão como coberturas e passagens pedonais (Cachim, 2007).



Figura 11 - Aplicações da madeira lamelada colada (MadeiraEstrutural, 2009)

Em comparação com as estruturas de madeira feitas com madeira maciças, os elementos em madeira lamelada colada exigem um menor número de ligações, uma vez que é possível conceber peças de grandes dimensões, não limitadas pelas dimensões e geometria dos troncos.

Esta técnica apresenta ainda a vantagem da possibilidade de ser pré-fabricada, o que pode traduzir numa racionalização da construção e redução do tempo de montagem em obra, para além da leveza que garante à estrutura facilitando uma possível ampliação da mesma (MadeiraEstrutural, 2009). A maior homogeneidade e estabilidade dimensional, bem como a ausência de defeitos, promovem um certo distanciamento da madeira maciça, tendo sido desenvolvido um novo sistema de classificação baseado nas resistências e que está estabelecido na NP EN 1194:2002.

3.2.6. Laminated Veneer Lumber (LVL)

O LVL apresenta uma estrutura semelhante a um contraplacado, constituído por folhas de madeira (espessura geralmente entre os 2,5 e os 5 mm), coladas umas às outras, mas ao

contrário dos contraplacados, a maioria das folhas de madeira são coladas, nas diversas camadas, ao longo do maior comprimento da placa ou viga. Em alguns casos, nomeadamente em peças de maior largura, uma lamela é colada transversalmente, a fim de melhorar as propriedades transversais do produto. As peças de LVL podem atingir os 20 m de comprimento, conseguindo-se painéis extremamente resistentes (Cachim, 2007). Da mesma forma que as peças de madeira lamelada colada, também o LVL é um produto com propriedades mecânicas superiores à madeira maciça, nomeadamente maior uniformidade do material, maior resistência e maior estabilidade dimensional, diminuindo assim algum tipo de empenamentos ou variações dimensionais (Machado, 2005). O LVL é um material regulamentado pela norma europeia “EN 14279: Laminated Venner Lumber (LVL) – Definitions, classification and specifications”.

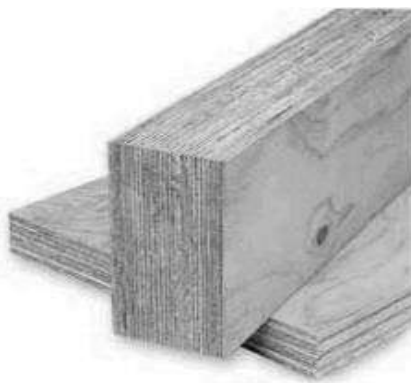


Figura 12 - Placas de LVL (PortaldaMadeira, 2009)

Capítulo 4

Sistemas construtivos em madeira

4. SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM MADEIRA

Neste capítulo são apresentados alguns sistemas construtivos pré-fabricados em módulos a nível nacional e da Europa. Após uma vasta pesquisa, estes foram escolhidos tendo em conta critérios como a fiabilidade, segurança, inovação e características distintas de cada um.

O objetivo é mostrar um pouco do que se tem feito nesta área, diversificando o tipo de soluções apresentadas, de modo a verificar as principais diferenças e semelhanças entre as mesmas.

4.1. MESQUITA MADEIRAS – SISTEMA DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA LEVE

Sediada na Maia, a Mesquita Madeiras, S.A é uma empresa do Grupo Alberto Martins de Mesquita & Filhos, S.A. constituída em 1995. Foi criada com o objetivo de desenvolver e melhorar os métodos e processos construtivos em Portugal tanto em edifícios habitacionais como industriais.

O sistema desenvolvido por esta empresa é o único em Portugal que se encontra homologado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil. O referido documento de homologação – DH 758 – *“define as características e estabelece as condições de projeto, execução e montagem dos edifícios realizados segundo o sistema de construção industrializada leve A. MESQUITA, produzido em Portugal pela empresa “Mesquita Madeiras”, S.A.”* (Mesquita Madeiras, 2004).

O sistema destina-se à realização de edifícios de madeira de um piso, utilizando módulos de 1,25 m de largura. Tendo como base estes módulos, a empresa dispõe de diversas casas tipo, havendo também a possibilidade do cliente construir a sua própria casa, respeitando a filosofia global do sistema. De referir que a madeira utilizada é a de pinheiro bravo, tratada em autoclave com produtos fungicidas e inseticidas.

Sobre o sistema, é relevante descrever os elementos que o constituem: as paredes, tanto de fachada como as divisórias são realizadas em painéis pré-fabricados. Os painéis de fachada podem ser cheios ou incorporar vãos, sendo constituídos por uma estrutura interna de peças de madeira ligadas entre si por ligadores metálicos, revestida exteriormente por placas de

contraplacado de 12 mm. Interiormente é revestida pelas mesmas placas de contraplacado, em locais húmidos, e por placas de aglomerado de partículas de 10 mm, em locais secos. É ainda aplicada uma manta de lã mineral com 60 mm de espessura.

Os painéis de fachada com vãos são concebidos de modo a realizarem-se aberturas nos painéis e posteriormente, em obra, proceder-se à montagem da caixilharia, das proteções solares e das portas.

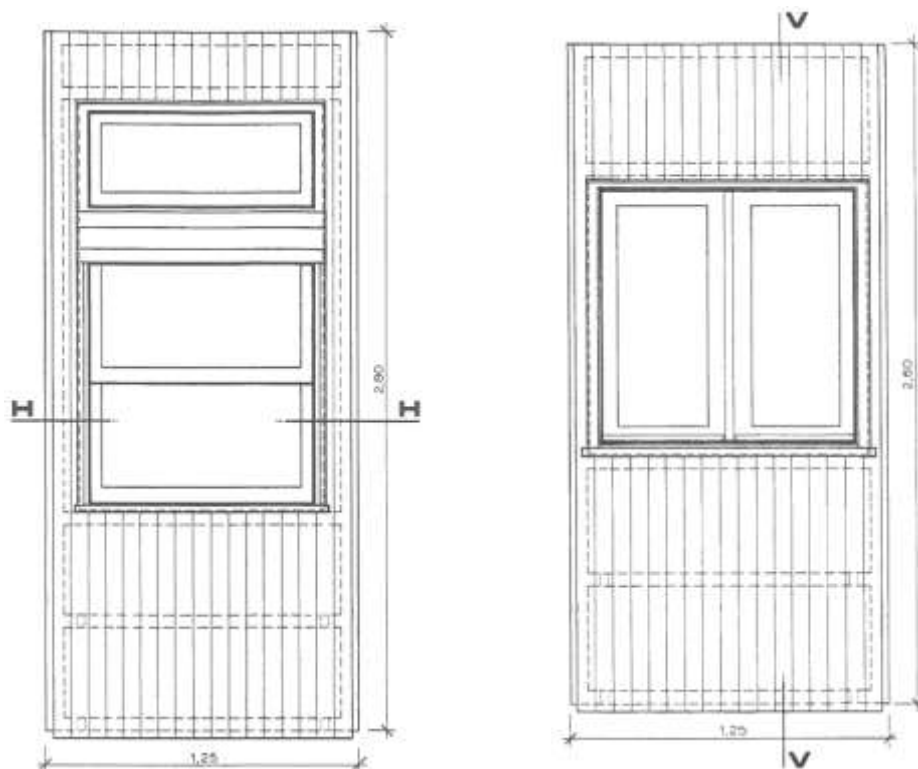


Figura 13 - Painéis de fachada com vão: à esquerda, de janela de guilhotina, incorporando caixa de estores, à direita, de janela giratória (Mesquita Madeiras, 2004)

Para além dos dois vãos representados na Figura 13, existem ainda painéis com vãos de bandeira basculante e de porta de uma ou de duas folhas. Os painéis de divisória podem ser painéis cheios ou com vão de porta, em que ambos têm uma conceção semelhante aos painéis de fachada, apresentando algumas diferenças, nomeadamente, a espessura das mantas de lã mineral ser de 40 mm e a largura do vão da porta de 80 cm.

A cobertura utilizada neste sistema construtivo é inclinada de duas ou mais águas sobre o desvão ventilado, constituída por um conjunto de asnas que suportam as madres, o revestimento e o teto, contraventadas horizontal e verticalmente (Figura 14). Geralmente o

revestimento da cobertura é em telha cerâmica ou em chapas onduladas de fibrocimento, formando um beirado sobre as fachadas.

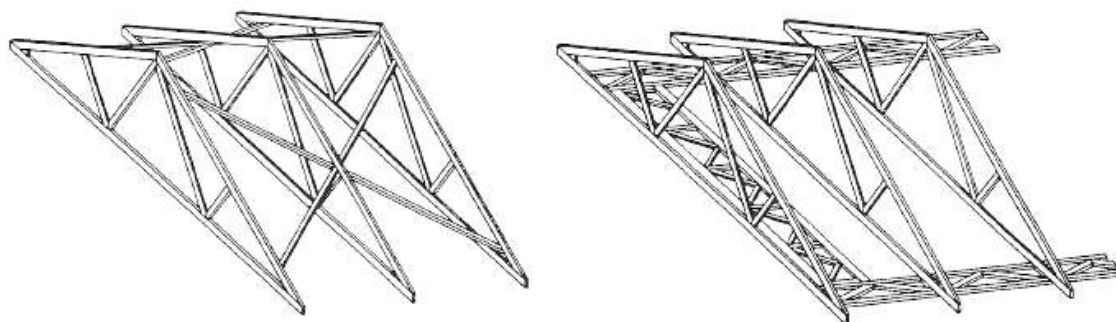


Figura 14 - Contraventamento vertical e horizontal (Mesquita Madeiras, 2004)

O contraventamento horizontal deve realizar-se em edifícios sem compartimentação interior, em que o desenvolvimento das fachadas principais ultrapasse em uma vez e meia o desenvolvimento das fachadas laterais. Já o contraventamento vertical deve realizar-se em todos os edifícios, independentemente da sua conformação, e localizar-se entre as asnas das fachadas laterais e as duas asnas mais próximas daquelas. Este tipo de contraventamento deve ser utilizado entre asnas intermédias para garantir que não ocorram quatro asnas contínuas não contraventadas.

4.2. JULAR – TREEHOUSE

A JULAR Madeiras é uma empresa nacional, fundada em 1973, que iniciou a sua atividade nas áreas da promoção imobiliária, comércio de materiais de construção e na importação de madeiras de Angola. Há pouco mais de uma década, formou-se a firma JULAR – Madeiras, S.A. com o objetivo de responder à crescente procura do mercado. (JULAR, 2008)

A mesma empresa desenvolveu um novo conceito de construção que tenta conjugar design, sustentabilidade, rapidez e modulação – Treehouse. A sua construção é concebida módulo a módulo, em fábrica, com uma dimensão standard de 22 m² cada. (Treehouse, 2010).

No site da internet da Treehouse é possível configurar uma casa tipo, seguindo os seguintes quatro passos:

1. São apresentados 15 módulos desenvolvidos pela JULAR, agrupados da seguinte forma:

- 2 módulos de núcleo; N1 (cozinha e instalações sanitárias), N2 (instalações sanitárias e escadas);
- 5 módulos de quartos (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5);
- 1 módulo de instalações sanitárias;
- 3 módulos de sala (um de sala base, um de extensão da área da sala e um de sala de jantar, para conjugar adjacente à cozinha);
- 2 módulos de pátio (um de pátio base e um de extensão da área do pátio);
- 1 módulo de garagem;
- 1 módulo de lavandaria.

As tipologias base da Treehouse permitem a combinação de infinitas soluções. Assim, qualquer pessoa pode testar e combinar todos os módulos disponíveis, de forma que mais lhe agrade ou de acordo com as suas necessidades.

2. De seguida é disponibilizada uma grelha onde se pode colocar os módulos anteriormente referidos e assim explorar as combinações de módulos que se desejar.

3. Caso não se utilize as soluções anteriores, são apresentadas 28 plantas de soluções construtivas, classificadas pelo número de quartos (T0 a T4), número de pisos (1 ou 2 pisos), número de módulos (desde 2 a 20 módulos) e indicando a área total da habitação, dividida pelas áreas coberta e descoberta.

Esta opção facilita muito na escolha de uma solução construtiva, principalmente para pessoas que não tenham um conhecimento tão aprofundado na área de arquitetura ou construção civil, uma vez que é disponibilizada todo o tipo de informação e alternativas fiáveis necessárias para a elaboração de uma habitação.

4. Por fim a empresa disponibiliza quatro acabamentos possíveis: revestimento em OSB cru para o cliente acabar como desejar, revestimentos na gama “*pinus*” (pinheiro), “*birch*” (bétula) e sucupira, árvore proveniente do Brasil.

O processo de montagem é realizado de modo a causar um impacto quase nulo no meio envolvente. Os módulos são acopláveis entre si e permitem o crescimento da habitação quer em extensão, quer em altura, com economia de custos e rapidez de montagem. Na

vertente habitacional, a casa pode crescer com a família, através da colocação de novos módulos, aumentando assim o espaço disponível, sem prejuízo da estrutura já existente. Para soluções imobiliárias, como condomínios de habitação ou escritórios, bares, lojas, espaços de turismo/lazer, as possibilidades de expansão são ilimitadas.

A montagem dos módulos é feita em fábrica e posteriormente transportada em camiões e colocadas em obra por meio de uma grua, de acordo com a Figura 15.



Figura 15 - Transporte do módulo em camião e colocação em obra por meio de uma grua (Treehouse, 2010)

No sistema Treehouse, a utilização de módulos pré-fabricados, para além de garantir uma elevada rapidez de execução, garante também um maior controlo de qualidade, um menor custo de mão-de-obra e maiores ganhos de produtividade. Comparativamente a um sistema de construção tradicional em alvenaria, no sistema de construção em madeira os desperdícios reduzem-se a 2% (Treehouse, 2010).

Sendo as questões ambientais uma das preocupações a que este sistema tende a respeitar, é fabricado com materiais ecológicos, provenientes de florestas certificadas e de gestão sustentada. A Treehouse é fabricada com os seguintes produtos de madeira: Kerto[®], Thermowood[®], vigas Finnjoist[®], OSB e ligadores metálicos Simpson Strong-Tie[®].

O Kerto é um derivado de madeira com grande resistência. É constituído por lâminas de abeto com 3 milímetros de espessura, desenroladas e coladas a quente para formar grandes painéis. Existem duas especificações técnicas para este material: o Kerto-S, em que as fibras estão orientadas longitudinalmente em todas as lâminas e é mais indicado para a realização de grandes estruturas (ex.: naves, edifícios públicos, vivendas unifamiliares,

etc.), e o Kerto-Q, em que algumas fibras são coladas perpendicularmente, dando uma resistência transversal adicional, sendo mais indicado na realização de painéis.

O derivado de madeira Thermowood é um material que quando sujeito a altas temperaturas, modifica as suas características físicas, adquirindo uma excelente estabilidade dimensional, grande resistência aos efeitos climáticos e grande resistência à presença de água e aos ataques de insetos xilófagos. Devido à sua capacidade isolante e maior durabilidade é utilizado no exterior.

As vigas Finnjoist, com banzos em Kerto-S (LVL) e alma em OSB, garantem níveis uniformes de resistência, rigidez, dimensionamento e peso, permitindo vencer grandes vãos e, dada a sua leveza, são de fácil instalação, reduzindo o tempo de construção e aumentando a eficiência.



Figura 16 - Vigas Finnjoist e sua aplicação na execução de lajes (JULAR, 2008)

O OSB, já foi referido anteriormente. Os ligadores metálicos Simpson Strong-Tie têm como principal função conectar todos os elementos do sistema. O sistema Treehouse apresenta ainda algumas características relevantes: uma vez que é realizada com a estrutura leve e resistente em Kerto, confere ao sistema uma excelente performance ao nível do comportamento sísmico. O sistema apresenta ainda um bom desempenho ao nível do isolamento térmico e acústico. O sistema da cobertura é realizado com telas impermeabilizantes e com isolamento térmico.

4.3. SPRING CONSTRUÇÕES, LDA.- LAPPONIA HOUSE

A empresa Spring Construções, LDA., sediada em Lisboa, foi fundada em 2004 com o objetivo de executar casas pré-fabricadas em madeira com designs exclusivos e com garantia de elevado conforto térmico e acústico. Esta empresa representa no território nacional um tipo de casas de madeira com origem na Finlândia: as Lapponia House, que serão alvo de estudo neste trabalho (Spring Construções, 2013).

A base do sistema construtivo Lapponia House são as estruturas “Thermo Log”, que foram criadas no início dos anos 80 por intermédio de Jouko Riihimäki, fundador e proprietário das casas de madeira Lapponia. Este tipo de estrutura ficou rapidamente popular por ser um sistema inovador que permite uma grande qualidade aliada a uma grande velocidade e facilidade de execução e a um bom comportamento térmico. Este tipo de solução é interessante em climas quentes e húmidos pois consegue manter um ambiente interior fresco, sendo a sua manutenção bastante simples e económica, poupando assim bastante energia.



Figura 17 - Painel utilizado na execução de uma Lapponia House (Spring Construções, 2013)

Relativamente ao sistema, a madeira utilizada é o pinheiro proveniente do Norte da Finlândia (*pinus silvestres*). As paredes são executadas em painéis que podem ser aplanados, redondos, mega-barrotes ou com canto encapsulado, construídos com a máxima qualidade. Com objetivo de conferir à solução um aspeto rústico são utilizadas madeiras naturais. No site da internet da empresa são disponibilizados catálogos dos diferentes sistemas construtivos, com vários modelos contendo informação acerca de áreas totais e úteis, bem como as plantas correspondentes.

A Figura 18 é representativa da interseção de duas paredes executadas com painéis planos.



- 1 – Canto Estético (Lamelado/Colado)
- 2 – Acabamento Exterior
- 3 – Caixa-de-Ar
- 4 – Tábua de Separação
- 5 – Isolamento de 170 mm
- 6 – Travamentos (30 em 30 cm)
- 7 – Película protetora contra humidade
- 8 – Acabamento Interior

Figura 18 - Pormenor de realização de um canto com painéis planos (Spring Construções, 2013)

São apresentadas algumas vantagens da construção no sistema “Thermo Log” utilizado nas casas de madeira Lapponia House:

- A construção da parede não cede nem abre fendas como as paredes de casas de madeira tradicionais;
- Poupa num reajuste mais tarde das portas e das janelas, que será sempre necessário nas casas de madeira tradicionais.
- As casas de madeira Lapponia superam as exigências tanto em isolamento acústico como térmico: numa parede maciça de madeira que não utiliza isolamento e com espessura de 210 mm, o valor do coeficiente de perda de calor K é igual a $0,67 \text{ W/Km}^2$, enquanto numa parede com este sistema, de 170 mm de espessura, o valor de K é de $0,22 \text{ W/Km}^2$, ou seja, uma diminuição de aproximadamente 33%);
- Consumo estável e reduzido de energia e calor durante os meses frios do Inverno;
- As paredes exteriores pré-fabricadas já com janelas prontas e instaladas asseguram um curto tempo de construção no local.

Toda a produção do sistema “Thermo Log” é realizada em fábrica e controlada pelo instituto de pesquisa técnico alemão Braunschweig sendo testada pelos laboratórios do instituto de pesquisa técnico finlandês VTT, recebendo o mais forte certificado da Finlândia (AAA e AA+ para empresas). Também os materiais usados são examinados e estão de acordo com o certificado DIN 1052 (Deutsche Industrie Normen).

A empresa apresenta ainda um conceito inovador na execução de casas de madeira - Cross Laminated Timber. Este sistema ecológico de painéis planos reforçados construídos em madeira lamelada colada é ideal para a realização de construções em altura ou grandes estruturas como pavilhões, armazéns e prédios. O tempo de montagem é extremamente rápido: em dois dias a estrutura da construção é realizada ficando pronta para a instalação da cobertura e acabamentos interiores.



Figura 19 - Colocação do painel em obra e realização de um edifício com o sistema Cross Laminated Timber (Spring Construções, 2013)

De forma a garantir a especificação técnica desejada, as edificações da Lapponia House cumprem todas as exigências de construção da União Europeia (ETA).

4.4. MODULAR SYSTEM

Modular System é um sistema construtivo modular de casas de madeira, integralmente desenvolvido em Portugal que permite a realização de soluções de habitações personalizadas através da justaposição de módulos predefinidos. Este sistema surgiu em 2003 através de uma intensa pesquisa dos arquitetos Alexandre Teixeira da Silva e Miguel Ribeiro de Sousa, ambos da empresa Arquiporto. (ModularSystem, 2003).

A Modular System desenvolveu cinco produtos diferentes: *custom*, *séries*, *base*, *mobile home* e *nomad*. Estes modelos possibilitam, através da adição e subtração de módulos, personalizar e criar a casa que vá ao encontro das preferências e necessidades de cada utilizador.

A linha *custom* utiliza o “know-how” do Modular System, sendo uma categoria totalmente personalizada e desvinculada do sistema de módulos predefinidos, na qual, o preço e o prazo de execução são variáveis do programa desejado.

As *séries* são casas já testadas onde os tempos de execução são inferiores a outros tipos de produtos disponíveis. Cada modelo é composto por módulos já desenvolvidos (XS, S, M, L, XL), que divergem uns dos outros consoante a sua composição, apresentando também variantes dentro do mesmo módulo (XS⁺, S⁺, M⁺, L⁺, XL⁺), possibilitando articulações espaciais de maior complexidade. No total estão disponíveis 34 modelos.



Figura 20 - Exemplo de uma casa *custom* no Gerês; representação 3D de uma casa *série* (ModularSystem, 2003)

As casas *base* resultam de adaptações efetuadas aos modelos das *séries*, sendo projetadas de raiz e com um caráter mais personalizado, dando assim uma melhor resposta às necessidades dos clientes.

As casas *nomad* assemelham-se a abrigos aos quais se podem acrescentar módulos consoante o programa pretendido. A sua tipologia base é diferente das anteriores, composta por módulos triangulares facilmente transportáveis. Foi pensado para ser energeticamente autónomo.

As *mobile home* são unidades habitacionais modulares e transportáveis, que seguem a lógica da modularidade aplicada à mobilidade. Trata-se de casas amovíveis, nas quais o espaço é totalmente aproveitado para assegurar o conforto e adaptar-se a qualquer tipo de contexto. São compostas por um piso com uma área útil de 42m².



Figura 21 - Casa base (à esquerda), casa nomad (à direita) e mobile home (em baixo)
(ModularSystem, 2003)

De referir que todas as categorias representam apenas o ponto de partida da experimentação de possíveis configurações de casas e que podem ser ainda moduladas com diferentes opções de materiais de acabamento.

Relativamente ao sistema construtivo, é utilizada madeira lamelada colada. Todas as paredes apresentam isolamento térmico e acústico. As paredes interiores são simples em painel duplo de gesso cartonado, núcleo preenchido com lã mineral e podem ter revestimento cerâmico, em painel de madeira ou pastilha de vidro. As paredes exteriores são em painéis duplos OSB, caixa-de-ar e isolamento em lã mineral, sendo a face exterior composto pelo acabamento que se desejar. No caso de se utilizar sistema ITE, o acabamento é em reboco acrílico pigmentado. Nas fachadas ventiladas os revestimentos podem ser em madeira ou ardósia. Este sistema dispõe ainda de revestimento em painéis de

aglomerado de cortiça para paredes exteriores. As instalações são totalmente ocultas e estão alojadas na caixa-de-ar das paredes, no pavimento e no teto.

A manutenção deste sistema é feita, regra geral, pela aplicação de um produto de tratamento impregnante nas zonas de madeira exposta, não sendo necessário decapar a madeira. Este tipo de tratamento depende da agressividade do ambiente climático onde esteja implantada a construção.

Em suma, este sistema possibilita, dentro da modularidade, uma total personalização através da variação espacial e dos diversos materiais de acabamento, permitindo uma qualidade e rapidez de construção, conjugando todas as vantagens da fabricação em série.

4.5. TOSCCA®

A empresa TOSCCA® - equipamentos em madeira, Lda. foi criada em 1996 com o objetivo de fabricar e desenvolver produtos em madeira, desde estruturas, casas em madeira e bungalows, mobiliário de jardim e equipamentos de lazer, tecnicamente evoluídos e tendo em conta o meio ambiente (TOSCCA, 2012).

Face a um crescente interesse pela madeira como material estrutural, a empresa recorreu à vasta experiência dos seus elementos de modo a responder às exigências de mercado. Para tal desenvolveu as casas de madeira segundo dois conceitos: construção modular, na qual a empresa dispõe de oito modelos standard criados para serem entregues num curto período de tempo, e soluções personalizadas feitas de acordo com especificações e projetos de clientes. Ambas as tipologias são projetadas e construídas segundo as normas de construção do LNEC.

A TOSCCA® desenvolveu então quatro sistemas construtivos com características diferentes: Blockhouse, Pilar / Prancha, Pilar / Viga e Painel Contra Laminado.

O sistema construtivo Blockhouse que é a solução standard na execução de casas de madeira, é de grande eficácia e robustez e amplamente utilizado em construções de madeira, sobretudo no norte da Europa. Caracteriza-se por um cruzamento entre os perfis capaz de assegurar uma grande solidez e estabilidade. Este sistema permite a execução de paredes interiores simples de perfil de 70 mm com encaixe macho/fêmea. Já as paredes exteriores podem ser simples de 70, 90, 120 ou 140 mm de espessura com encaixe

macho/fêmea ou duplas constituídas por um tronco de 70, 90, 120 ou 140 mm, isolamento térmico em lã de rocha e perfil de madeira na face interior de 25 ou 45 mm.

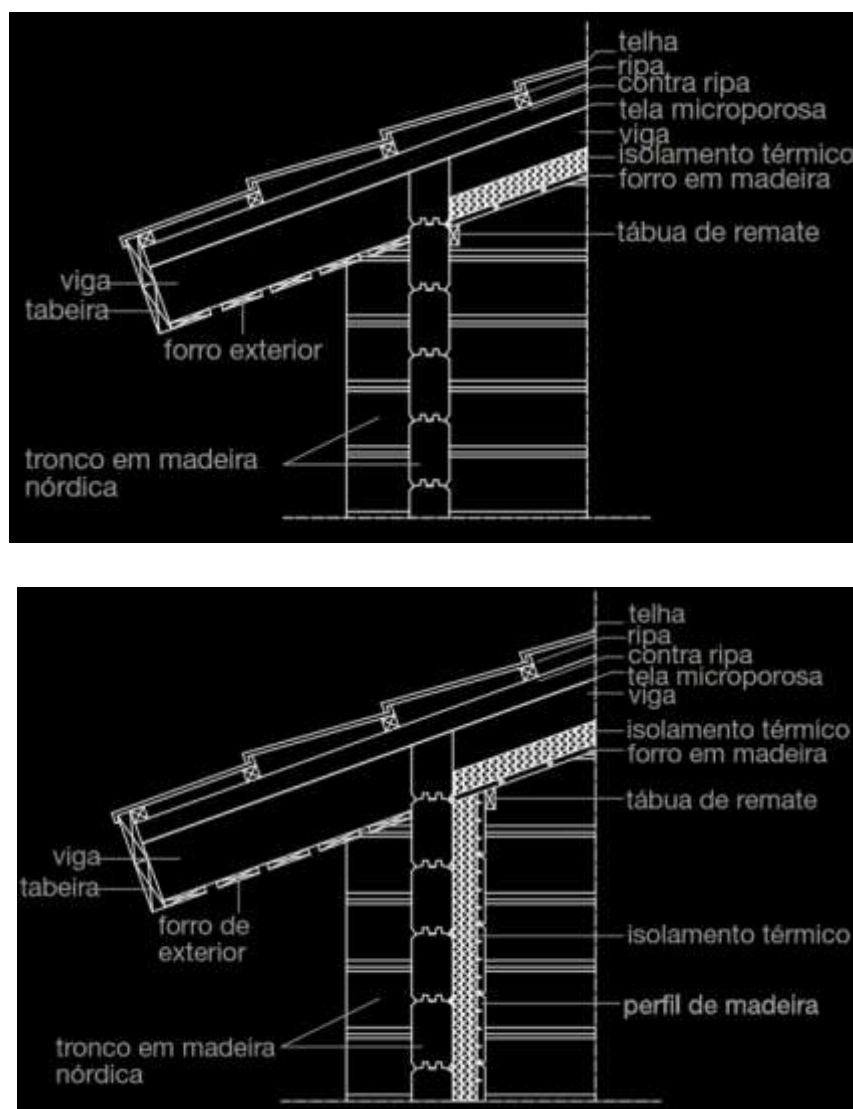


Figura 22 - Sistema construtivo Blockhouse: em cima parede simples e em baixo parede dupla (TOSCCA, 2012)

O sistema Pilar / Prancha é constituído por uma estrutura de pilares nos quais se apoiam as pranchas das paredes que encaixam entre si através de um sistema macho-fêmea. Esta opção é recomendada para casas de parede dupla cuja constituição geralmente é a seguinte: perfil exterior em madeira com 4, 5 ou 7 cm de espessura, caixa-de-ar com tela de impermeabilização e isolamento térmico, perfil interior em madeira com 2,2 cm de espessura.

O sistema Pilar / Viga tem por base uma estrutura reticulada de pilares e vigas que funcionam como elementos estruturais. Este sistema é o indicado para projetos com arquiteturas mais contemporâneas uma vez que permite uma grande diversidade de revestimentos, de geometrias e configurações bem como a obtenção de grandes vãos desimpedidos de qualquer elemento resistente. As uniões entre os diversos componentes são conseguidas à base de ligadores metálicos muitas vezes projetados especificamente para uma determinada solução. À semelhança do processo construtivo anterior, este sistema é recomendado para casas de parede dupla onde existirá um revestimento exterior e interior (em madeira ou não), intercalados com uma caixa-de-ar, telas de impermeabilização e isolamentos térmicos adequados.

A TOSCCA[®] dispõe ainda de um sistema construtivo baseado na utilização de painéis com função estrutural – Painel Contra Laminado. Estes painéis são constituídos por lamelas de madeira coladas em vários estratos ortogonais garantindo assim uma grande estabilidade dimensional bem como a transmissão bidirecional das cargas. Esta solução permite, recorrendo apenas a um único painel, satisfazer os requisitos térmicos regulamentares. No entanto poderá adotar-se uma solução com parede dupla o que permitirá melhorar significativamente o comportamento térmico da habitação. Dadas as suas características, este sistema é normalmente utilizado em construções com elevadas exigências arquitetónicas, permitindo não só zonas em consola como também construções em altura.



Figura 23- Colocação em obra de um painel contra laminado (TOSCCA, 2012)

Relativamente aos sistemas construtivos podem ser utilizados painéis do tipo *sandwich*, compostos por duas placas de materiais rígidos e uma camada no meio de poliuretano.

Nestes sistemas são utilizadas predominantemente madeiras de origem nórdica, nomeadamente pinho nórdico (*pinus sylvestris*) e abeto (*picea abies*).

A TOSCCA® utiliza ainda materiais naturais que oferecem uma elevada resistência térmica nos seus sistemas construtivos, tais como: granulado de cortiça, lã de rocha, fibra de coco, celulose, etc. Estes materiais de isolamento térmico são geralmente conjugados com telas pára-vapor.

4.6. CARMEL

A Carmel foi constituída há mais de 40 anos e tem a sua génese numa carpintaria tradicional. A Carmel utiliza, nas suas construções, painéis modulares, em que a sua produção em fábrica não é total, tendo de ser complementada em obra com o seu revestimento que lhes confere um carácter de interligação não desmontável entre as peças, tornando-as definitivas (CARMEL, 2013).

No *site* da internet da empresa é apresentado um conjunto de modelos para diferentes estruturas em madeira, sendo dado maior importância neste trabalho às habitações em madeira. Os modelos apresentados para habitações de madeira dividem-se em casas de rés-do-chão, casas de rés-do-chão em “L” e casas com 1º andar. Na Figura 24 é apresentado um modelo de uma casa de rés-do-chão.

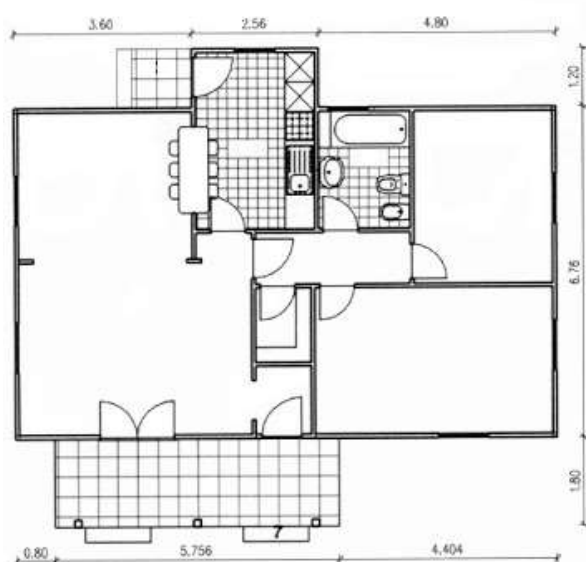
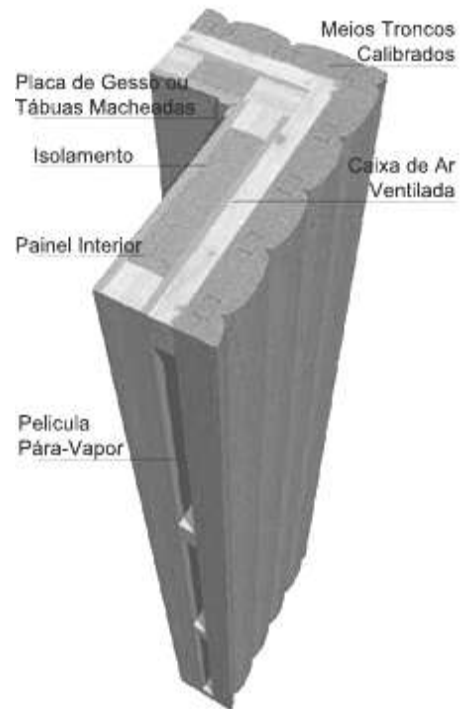


Figura 24 - Modelo "Lagoa 84" (CARMEL, 2013)

Relativamente ao sistema construtivo é de referir que as madeiras utilizadas são o pinheiro bravo, o pinheiro nórdico e o abeto nórdico, de elevada qualidade e devidamente tratadas. As paredes exteriores podem ser duplas, compostas por um painel em *sandwich*, realizadas com meios troncos calibrados de grande resistência, com isolamento de lã mineral e com 120 mm de espessura.

Outro tipo de solução é a execução de paredes triplas, constituídas por dois painéis: um exterior realizado com meios troncos e um interior do tipo *sandwich* com isolamento de lã mineral. Entre os dois painéis encontra-se uma caixa-de-ar ventilada, a qual contém uma película de pára-vapor, como é representado na Figura 25. De acordo com os materiais utilizados e as espessuras das paredes, os coeficientes de resistência térmica das mesmas responde por excesso às situações climáticas mais desfavoráveis sejam elas de frio ou de calor. Em situações de climas mais frios e desfavorecidos, aplica-se isolamento duplo.



Também as paredes interiores são constituídas por um painel sandwich, em pinho tratado, com um isolamento em placas semirrígidas de lã mineral.

Figura 25 - Parede exterior tripla
(CARMEL, 2013)

Quanto ao revestimento, pode ser com placas de gesso cartonado MDF ou com tábuas macheadas dispostas vertical ou horizontalmente, com 100 mm de espessura.

Pelo facto de se estar na presença de construções leves de madeira, embora esta ser maciça e da sua técnica construtiva consistir na ligação solidária de painéis com elementos longos, a sua técnica de fabricação e montagem específica, com amarrações e contraventamentos eficazes, confere a este sistema características antissísmicas. Em caso de sismo a solução funcionaria como uma caixa e, se por hipótese remota fosse parcialmente destruída, como a estrutura é do tipo leve, teria um comportamento diferente a uma construção tradicional, pesada, monolítica.

Tendo em conta a utilização de alguns materiais, este sistema apresenta características de resistência ao fogo. A aplicação de placas aglomerado de cimento na estrutura dos painéis e de placas de gesso cartonado para acabamentos torna o interior das construções ignífugo, pois estas placas são da classe M0. O isolamento em placas semirrígidas de lã mineral, utilizado nas paredes, é de classe M0, resistindo a uma temperatura de 600°.

Em relação à cobertura é realizada pelo sistema Gang-Nail, sobressaindo na estrutura da armação o pequeno espaçamento das asnas. É aplicada uma tela em poliéster betuminoso microporosa de modo a não deixar passar humidade e a evitar condensações. Também são realizadas coberturas de vigamento tradicional, constituídas por asnas, madres, barrotes e ripados, quando as condições de projeto ou do próprio local assim o exigem. O revestimento é feito com vários tipos de telha de cimento ou cerâmica.

A caixilharia é realizada em pinho nórdico selecionado para o efeito e de acordo com as normas e técnicas europeias, com vidros duplos e com sistemas oscilo-batentes e de abrir. Evidenciam grande resistência e durabilidade, uma vez que possuem nas janelas, soleiras de alumínio sobre madeira, e nas portas, soleiras de alumínio sobre pedra. A referida empresa disponibiliza, no seu site da internet, uma área denominada “Visita Virtual”, onde é possível, mediante de alguns modelos, observar o panorama interior e exterior de algumas construções.

4.7. IMOWOOD - WOODHOUSE

A empresa IMOWOOD - Imóveis de Madeira, Lda. surgiu devido à experiência e conhecimentos técnicos adquiridos ao longo dos anos aliado ao gosto especial pelas construções em madeira, uma vez que apresentam uma estética agradável e resistência térmica (IMOWOOD, 2012).

Destinada à fabricação, comercialização e montagem de construções de madeira, a IMOWOOD desenvolveu uma marca que se dedica à projeção, conceção e montagem de casas em madeira – WOODHOUSE – que apresenta diversos modelos para a execução de casas de madeira, mas se o cliente apresentar um projeto personalizado, é colocado à sua disposição uma equipa de projetistas que vai proceder às alterações necessárias em função dos requisitos do cliente.

São apresentados três tipos de sistemas distintos: nórdico, tropical e europeu.

O sistema Nórdico caracteriza-se por utilizar madeiras nórdicas que apresentam um ótimo comportamento térmico e acústico em todos os elementos construtivos da habitação. O sistema construtivo das paredes é feito com pranchas com auto encaixe macho-fêmea, no sentido horizontal, com peças pré-cortadas, complementadas pelos montantes verticais, não necessitando na montagem do uso de pregos, parafusos ou outros acessórios. Relativamente à execução das paredes exteriores, elas podem ser simples de 70 até 180 mm ou paredes duplas de 70+70 mm até 180+95 mm (mais caixa-de-ar). Já as paredes interiores podem ser simples de 70 mm até 180 mm ou paredes duplas de 45+45, 70+70 ou 95+95 mm (mais caixa-de-ar).

O sistema Tropical caracteriza-se por utilizar madeiras exóticas, de grande durabilidade, elevada densidade e principalmente ótimo comportamento térmico e acústico em todos os elementos construtivos da habitação. O sistema construtivo das paredes é idêntico ao sistema anterior – feito com pranchas com auto encaixe macho-fêmea, não necessitando na montagem do uso de pregos, parafusos ou outros acessórios.

As paredes exteriores podem ser simples de 45 ou 70 mm, ou duplas de 45+22 mm até 70+70 mm (mais caixa-de-ar). As paredes interiores podem ser simples de 45 ou 70 mm, ou duplas de 35+35, 45+45 e 70+70 mm (mais caixa-de-ar).

O sistema Europeu caracteriza-se pela utilização de painéis modulares executados em fábrica. É constituído por estrutura vertical (paredes) e estrutura de cobertura por madeira maciça ou lamelada colada em Pinho Nórdico, devidamente tratada.

As paredes exteriores são constituídas por dois painéis – exterior e interior, variando entre 195 e 300 mm de espessura. O painel exterior é revestido com argamassas, tela de fibra de vidro, painel OSB, isolamento térmico e acústico com cortiça, estrutura de madeira (com isolamento interno). Já o painel interior é composto por um painel OSB e outro de gesso cartonado hidrófugo.

As paredes interiores são constituídas por painel de gesso cartonado hidrófugo, painel OSB, estrutura de madeira (idêntica à das paredes exteriores) com isolamento interno, painel OSB e painel de gesso cartonado hidrófugo. São realizadas com uma espessura de

140 mm. A montagem é feita em obra e já com uma pré-instalação para eletricidade, rede de águas e esgotos.

A Imowood disponibiliza no seu *site* da internet exemplos de configurações das suas casas modulares, bem como os módulos utilizados. Na Figura 26 é apresentado o Modelo T2.

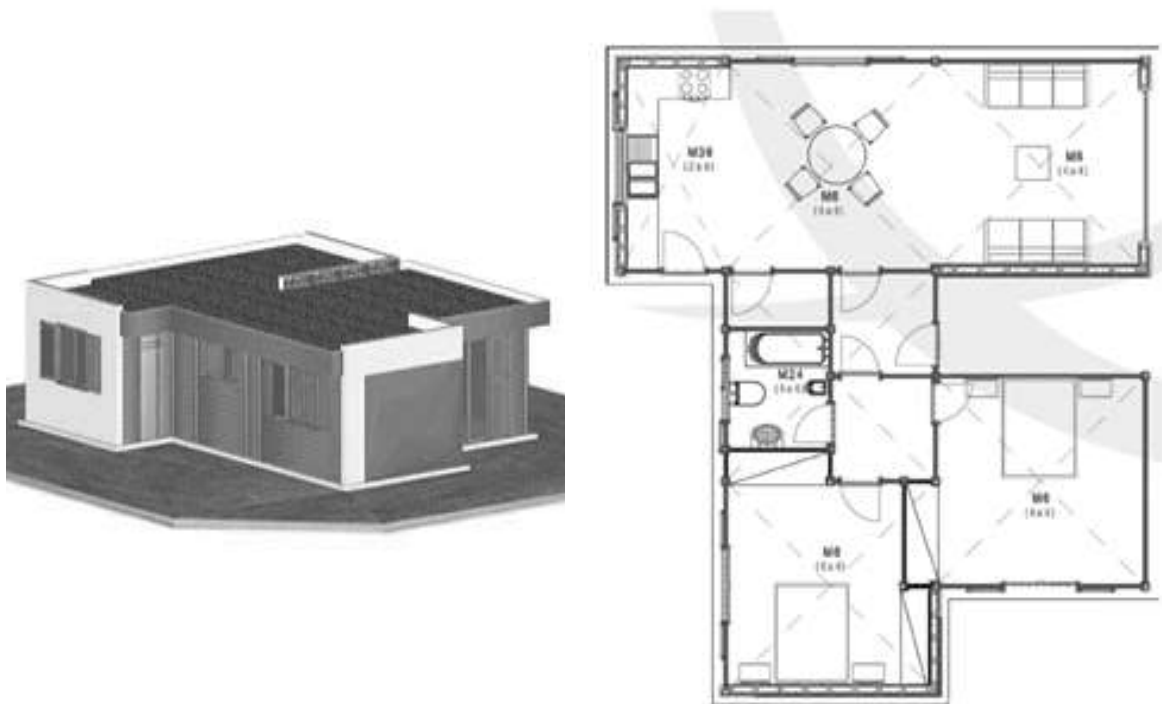


Figura 26 - Casa modular da Woodhouse: Modelo T2 - representação 3D e planta (IMOWOOD, 2012)

Para uma melhor compreensão, está disponível no *site* da internet da empresa todas as possíveis configurações de realização das paredes (interiores e exteriores) dos três sistemas anteriormente descritos.

A empresa Imowood criou diferentes marcas com o objetivo de oferecer uma vasta gama de soluções e de produtos. Para além da já referida Woodhouse, é de salientar também a Woodlam, destinada ao desenvolvimento, projeto, fabrico e montagem de estruturas de madeira lamelada colada de pinho nórdico e respetivas ligações metálicas.

Este material é composto por lamelas de madeira de espessura pré-dimensionada, fortemente ligadas por sobreposição com colas adequadas de grande resistência, sendo classificadas de acordo com a sua classe de resistência mecânica.

Tem como principais aplicações a realização de casas de madeira e reabilitações de edifícios, podendo também ser utilizada em passagens pedonais e na realização de estruturas de coberturas de grande vão, como centros comerciais, pavilhões desportivos, piscinas, etc.

4.8. TISEM - KLH

Com sede na Figueira da Foz, a empresa Tisem, Lda. iniciou a sua atividade no ano de 2008 com o objetivo de melhorar a habitação em Portugal, através da divulgação e aplicação da madeira como material principal nas suas construções (Tisem, 2012).

Em Portugal, a Tisem é responsável pela distribuição do sistema construtivo KLH desenvolvido pela empresa austríaca KLH Massivholz GmbH, que produz anualmente cerca de 650 mil m² de placas de KLH (MassivholzGmbH).

Este sistema tem como material principal painéis de madeira lamelada colada cruzada (X-LAM), produzidos a partir de lamelas de madeira de pinho coladas em estratos ortogonais. É de salientar que a disposição em grelha das lamelas longitudinais e transversais aumenta consideravelmente a resistência e a rigidez dos painéis. A colagem das lamelas é feita através de resinas isentas de solventes, orgânicos voláteis e formaldeído, permitindo assim o contato humano sem risco para a saúde. A par de outros materiais já referidos, também os painéis X-LAM possuem uma Aprovação Técnica Europeia (ETA). Como base nessa aprovação, foi concedido a este produto um selo de qualidade – Marcação CE.

Os painéis X-LAM são produzidos em fábricas, com os devidos cortes de acordo com os desenhos e planos de pormenor, formando assim elementos de grandes dimensões. Com o planeamento adequado, a sua chegada à obra é coordenada com a equipa de montagem, possibilitando de imediato a execução da estrutura.



Figura 27 - Colocação dos painéis em obra (Tisem, 2012)

A facilidade, a rapidez e a eficácia da montagem da estrutura decorrem das grandes dimensões dos painéis (até 16,5m de comprimento; 2,95m de largura e 0,50m de espessura).

Os painéis variam no seu número de camadas de lamelas, sendo 3 camadas para espessuras reduzidas e 5 ou 7 camadas para maiores espessuras, como é o caso das paredes exteriores. Nos pavimentos as camadas exteriores estão orientadas paralelamente ao seu comprimento enquanto nas paredes estão orientadas de forma perpendicular ao seu comprimento. Esta disposição é feita para potenciar ao máximo as propriedades resistentes do painel. Os painéis X-LAM apresentam uma relação entre a massa e a robustez que permite uma resposta sem dano sob ação de um sismo intenso em estados limites últimos, que só é possível num sistema tradicional com recurso a sistemas tecnológicos avançados, promovendo o isolamento pela base, sendo essa tecnologia extremamente dispendiosa. O sistema de ligação entre os painéis permite a dissipação de energia proveniente da ação sísmica, resultando numa reduzida deformabilidade dos painéis que constituem a estrutura.

Outra característica relevante deste sistema é o bom comportamento térmico: os painéis em estudo apresentam uma baixa condutibilidade ($0,13 \text{ W/mK}$) quando comparados com outros materiais de construção. Um painel simples com 95 mm de espessura, sem isolamento, satisfaz o desempenho mínimo requerido pelo RCCTE. A natural colocação de revestimentos, de espaços não ventilados e de material de isolamento térmico proporciona uma solução com características excecionais, atingindo-se facilmente coeficientes de transmissão térmica inferiores a $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. Os painéis X-LAM garantem ainda a

redução das pontes térmicas lineares e a ausência de pontes térmicas planas, justificada pela homogeneidade do material utilizado entre elementos contíguos e consequentemente inalterabilidade das condições de condutibilidade térmica.

No que respeita à resistência ao fogo, os painéis de X-LAM de 3 camadas garantem uma estabilidade ao fogo de 30 minutos e os de 5 camadas, estabilidade de 60 minutos. Estes valores podem ainda ser acrescidos recorrendo-se à utilização de revestimentos.

Capítulo 5

Comparação entre sistemas

5. COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS

Este capítulo tem como principal objetivo comparar os sistemas construtivos anteriormente apresentados. Posteriormente será feita uma análise econômica das soluções, com base em alguns parâmetros definidos pelo aluno, de modo a aferir quais os tipos de soluções mais apelativas economicamente, nunca esquecendo a relação preço/qualidade.

Após uma pesquisa referente aos sistemas, constatou-se que algumas das empresas careciam de dados necessários à execução deste trabalho, sendo fundamental uma primeira abordagem com as mesmas de modo a obter-se a informação necessária. Ao realizar essa pesquisa foi possível verificar que algumas dessas empresas especificam de forma deficiente os materiais, as soluções construtivas adotadas, dimensões e outros fatores que ajudam os clientes a tomarem decisões, dando maior importância a operações de marketing, principalmente à estética final da estrutura, descurando em muitos casos informação útil e essencial para uma correta avaliação dos sistemas.

As casas de madeira realizadas com os sistemas em causa devem possuir características de modo a satisfazer as necessidades das pessoas que as habitam. Estas exigências são denominadas de exigências funcionais e servem como base de referência para a comparação entre os sistemas. Algumas dessas exigências (estruturais, segurança contra riscos de incêndio, conforto térmico e acústico) são mais importantes do que outras, tendo um peso significativo no tipo de comparação efetuado. Outros pontos considerados na comparação entre os sistemas foram o processo construtivo e os materiais utilizados, de modo a perceber a influência destes na qualidade das soluções apresentadas.

Todo o tipo de documentos/certificados associados aos sistemas construtivos mencionados neste trabalho serão levados em conta de modo a avaliar a qualidade e o tipo de especificação técnica dos sistemas.

A tabela seguinte pretende apresentar de forma sintetizada as características mais relevantes dos sistemas referidos, permitindo criar pontos de comparação mais simples entre as soluções (Tabela 2).

Tabela 2 - Síntese dos sistemas construtivos em madeira

Sistemas	Madeira ou Derivados	Espessuras	Modelos	Certificados/ Documentos
<i>Mesquita Madeiras</i>	Pinheiro Bravo; Contraplacado; Aglomerado de Partículas	P. Exterior: 110 mm P. Interior: 80 mm	-	Sistema Homologado pelo LNEC
<i>Treehouse</i>	Kerto (LVL); OSB	-	15 Módulos combináveis; 28 plantas standard	Processo de homologação em curso
<i>Lapponia House</i>	Madeira Maciça: Pinheiro Nórdico	P. Exterior: 170mm	21 Modelos standard	ETA; Certificado da VTT (AAA e AA+)
<i>Modular System</i>	OSB; Madeira lamelada colada	-	34 Modelos standard	N/D
<i>Toscca</i>	Madeira Maciça: Pinheiro Nórdico; Abeto	P. Interior: 70mm P. Exterior: 120/140/145 mm	8 Modelos standard	Normas de construção segundo o LNEC
<i>Carmel</i>	Pinheiro Bravo; Pinheiro Nórdico; Abeto Nórdico	P. Exterior: 120mm/160mm P. Interior: 100mm	83 Modelos standard	N/D
<i>Woodhouse</i>	Madeira Maciça: Pinheiro Nórdico; Abeto Nórdico; Madeira lamelada colada	*	5 Modelos standard	N/D
<i>KLH</i>	Madeira lamelada colada (X-LAM)	P. Interior: 94mm P.Exterior:146mm	-	ETA

N/D – Não definido

* Várias espessuras, ver ponto 4.7

De acordo com a informação apresentada pela tabela, rapidamente se constata que dos sistemas apresentados, só três deles é que utilizam madeira maciça (Lapponia House, Toscca e Woodhouse), sendo que todos eles apresentam soluções em painéis modulares pré-fabricados. Dos sistemas que utilizam madeira maciça nas suas soluções é de referir que todos eles apresentam encaixe do tipo macho-fêmea, no sentido horizontal, de forma a assegurar estabilidade, estanquidade e facilidade de montagem. Aliás, nenhum deles necessita, durante a montagem, do uso de pregos, parafusos ou outro tipo de ligadores metálicos.

5.1. Definição dos elementos constituintes de uma estrutura pré-fabricada em madeira

A comparação de casas pré-fabricadas modulares em madeira apresentam sistemas de construção bastante distintos, pelo que não é fácil compará-las como um único elemento. A estrutura de uma habitação em madeira é constituída por diferentes componentes que combinados entre si formam um conjunto compacto e seguro. Para facilitar essa comparação procedeu-se a uma divisão da estrutura em diversos elementos, apresentando-se as principais soluções e algumas considerações para cada um, procurando sempre responder às necessidades dos clientes. Em cada ponto será tido em conta as exigências funcionais mais relevantes associadas a cada elemento constituinte da estrutura (tabela 3).

Tabela 3 - Elementos constituintes de uma estrutura pré-fabricada em madeira

Elementos da Estrutura	
1	Fundações
2	Paredes Exteriores
3	Paredes Interiores
4	Pavimentos
5	Cobertura
6	Caixilharia, Portas e Janelas
7	Instalações e Equipamentos

5.1.1. Fundações

A fundação é a parte da construção que suporta o peso da estrutura distribuindo as cargas ao terreno subjacente, sendo igualmente responsável pelo nivelamento estático de todo o edifício. É muito importante que as fundações sejam bem executadas, pois os problemas associados a estes elementos são dispendiosos e de difícil (Lapa, 2012)

Nas construções de madeira, a solução mais adotada é normalmente a sapata contínua em betão. Esta solução depende da consistência do terreno e do tipo de estrutura a ser edificada. Quando estas sapatas não são a solução mais indicada, recorre-se habitualmente ao ensoleiramento geral ou fundações por estacas, que são o caso de soluções de algumas empresas, como a Treehouse, a Modular System e a Toscca, que para além de fundações realizadas em sapatas contínuas em betão apresentam também como alternativa estacas em madeira.

Ainda na realização das sapatas contínuas em betão, após a sua cura, é comum realizar-se uma parede de alvenaria (cerca de 30 cm de altura), elevando a estrutura de modo a proteger as primeiras fiadas de madeira das águas existentes nos solos. Permite também combater problemas de condensação, criando espaços de ar que impedem a acumulação de humidade nas fiadas inferiores e no pavimento do piso térreo.

Nos sistemas mais recentes, são apresentadas algumas soluções alternativas às paredes de alvenaria, como é o caso de sistemas com sobrelevação: a Treehouse utiliza pilares de madeira enquanto a Modular System apresenta distanciadores metálicos.



Figura 28 - Distanciadores metálicos e pilares de madeira, ambos para sobrelevar a estrutura (Treehouse, 2010)

Independentemente da solução adotada devem ser colocados drenos de maneira a evitar a acumulação de água nos terres subjacentes. O sistema de drenagem é composto por um dreno perfurado envolvido num geotêxtil, que deve ser aterrado por gravilha, progressivamente mais fina, desde a superfície até ao contacto com o têxtil.

Na execução das fundações é necessário garantir a instalação da rede de águas e saneamento, e os restantes serviços de distribuição e só posteriormente se proceder à betonagem das fundações.

5.1.2. Paredes Exteriores

Os sistemas pré-fabricados em madeira apresentam inúmeras soluções relativamente à execução de paredes exteriores. Enquanto alguns dispõem nas suas soluções de paredes duplas, com espessuras superiores e materiais de maior resistência, outros oferecem soluções mais simples, funcionando muitas vezes como material de revestimento. Na Figura 29 estão representados dois tipos de soluções para paredes exteriores: uma da Mesquita Madeiras, com uma manta de lã mineral de 60 mm de espessura e colocação de uma placa de aglomerado de partícula de madeira com 10 mm de espessura, e uma solução da Imowood, de parede dupla (180+70) em madeira lamelada colada e isolamento de poliestireno extrudido de 45 mm.

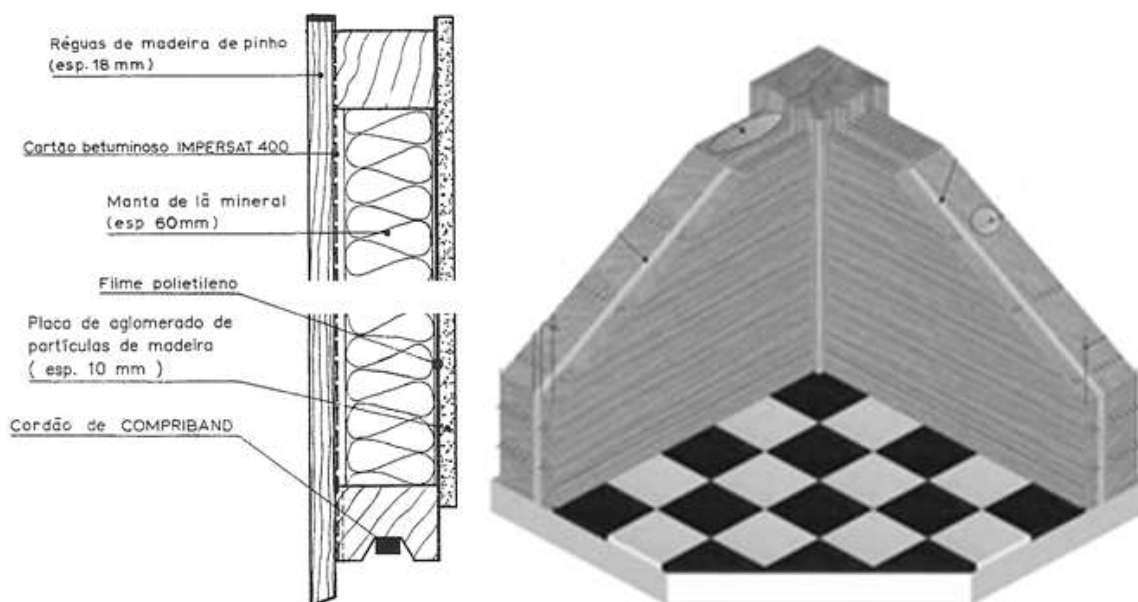


Figura 29 - Solução tipo à esquerda (Mesquita Madeiras, 2004) e sistema nórdico à direita (IMOWOOD, 2012)

5.1.2.1. Ligações

Dos sistemas estudados, existem dois tipos de ligações mais usuais. Um deles é a utilização de ligadores metálicos, desde que devidamente normalizados e certificados. O outro é o sistema de auto encaixe macho-fêmea, no sentido horizontal, utilizando os montantes verticais como paramentos, dispensando outros ligadores. Empresas como a Toscca e a Imoowood são exemplos da utilização desse sistema. A primeira é mais utilizada na ligação parede-laje enquanto a segunda é mais utilizada na ligação parede-parede.

Na Figura 30 são apresentadas duas ligações metálicas utilizadas por duas empresas distintas: a primeira, pela empresa Jular no sistema construtivo Treehouse, numa ligação entre paredes; a segunda, pela empresa Tisem, na ligação de uma parede com o pavimento.



Figura 30 - Ligadores metálicos: à esquerda, ligação parede-parede (JULAR, 2008); à direita, ligação parede-pavimento (Tisem, 2012).

Alguns desses ligadores metálicos ficam mesmo ocultos, funcionando de igual forma aos já apresentados, tendo a vantagem de esteticamente serem mais agradáveis.

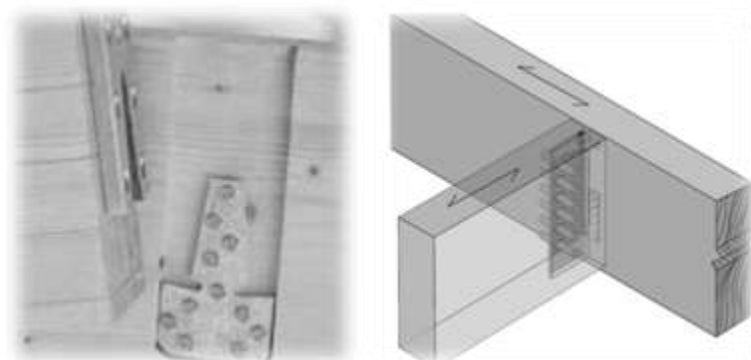


Figura 31 - Ligadores metálicos ocultos (SIMPSON, 2010)

Ainda relativamente ao tipo de ligação utilizado, entre os sistemas analisados, existe um que utiliza um tipo de solução mista, ou seja, ligadores metálicos e peças de madeira. No sistema construtivo da Mesquita Madeiras, os painéis de fachada ligam-se lateralmente entre si por um macho postiço de madeira e por cinco grampos metálicos – três do lado exterior e dois do lado interior, aplicados alternadamente ao longo da altura dos painéis (Figura 32). Nos painéis que contêm aberturas – painéis com vãos – são utilizadas ainda duas cantoneiras metálicas, na parte inferior à soleira, providas de chumbadouros, e superiormente ao frechal são utilizados pregos (Mesquita Madeiras, 2004).

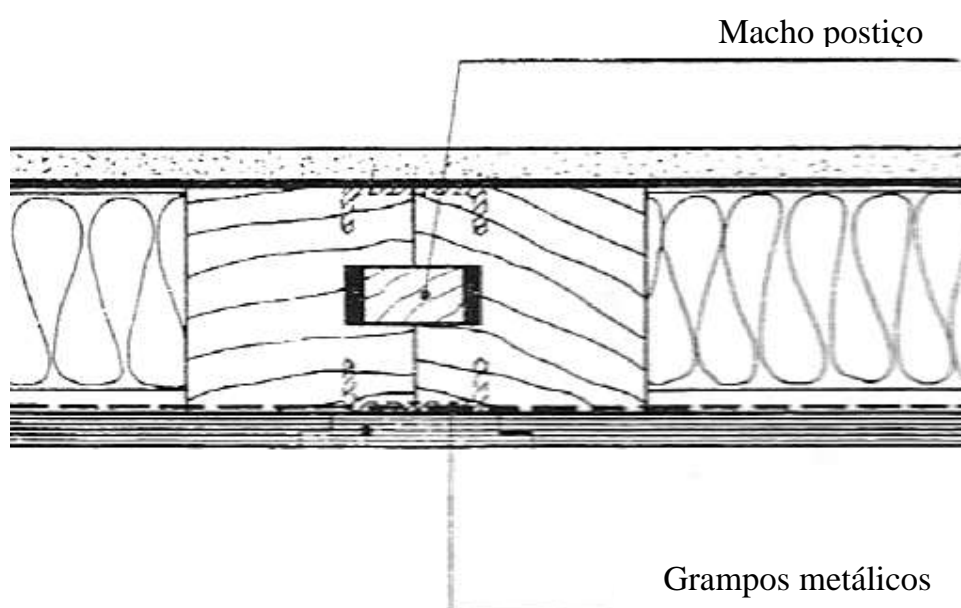


Figura 32 – Junta vertical intermédia (Mesquita Madeiras, 2004)

5.1.2.2. Isolamento térmico e acústico

As paredes exteriores para além das funções estruturais apresentam também funções de revestimento e isolamento, a fim de proteger o espaço interior dos agentes exteriores. A madeira é um material naturalmente isolante, acusticamente e termicamente, mas para satisfazer os requisitos impostos pelos regulamentos da térmica e da acústica, RCCTE e RRAE, respetivamente, é necessário uma espessura de parede bastante superior ao habitualmente utilizado (Santos, 2008).

O isolamento térmico e acústico bem projetado e executado são fundamentais para garantir boas condições de habitabilidade e poupança de energia. Sendo hoje o conforto uma

exigência e a poupança de energia uma necessidade, os materiais utilizados para garantir um elevado desempenho térmico e acústico assumem particular importância. A sua escolha, em função das características que apresenta e a sua aplicação criteriosa torna-se essencial (Jerónimo, 2009).

De acordo com os sistemas construtivos estudados o isolamento térmico é um problema bem resolvido uma vez que tendo origem em países com climas mais rígidos, apresentam na maior parte das vezes materiais isolantes de grande eficiência e com espessuras capazes de cumprir as exigências de conforto. No caso de paredes duplas, o isolamento é colocado, normalmente, na face exterior da parede interior.

O isolamento acústico é regra geral aconselhável pois a madeira não possui capacidade isoladora que consiga filtrar o barulho ambiente habitual nos grandes centros urbanos, podendo limitar o uso deste tipo de habitações. É também aconselhável a existência de espaço de ar entre as paredes e a colocação de uma barreira pára-vapor de modo a evitar a entrada de água e grandes variações de humidade e consequentes condensações internas.

Analisando os sistemas construtivos pré-fabricados em madeira no que respeita ao uso de isolamentos, é de realçar alguns deles e o tipo de materiais que utilizam.

A Treehouse apresenta um bom desempenho no que toca ao isolamento térmico e acústico. As paredes da Treehouse são construídas num sistema multi-layer, concebido para proporcionar uma grande eficiência energética, traduzida em economia nos gastos de climatização. Os vãos envidraçados de elevada qualidade têm uma solução com corte térmico, de vidro duplo.

As casas de madeira Lapponia superam as exigências tanto em isolamento acústico como térmico: numa parede maciça de madeira que não utiliza isolamento e com espessura de 210 mm, o valor do coeficiente de perda de calor K é igual a $0,67 \text{ W/Km}^2$, enquanto numa parede com este sistema, de 170 mm de espessura, o valor de K é de $0,22 \text{ W/Km}^2$, ou seja, uma diminuição de aproximadamente 33%.

A Toscca consciente das responsabilidades ambientais procura incorporar nas suas construções materiais naturais que ofereçam elevada resistência térmica, tais como: o granulado de cortiça, lã de rocha, fibra de coco, a celulose, entre outros. Os materiais de

isolamento térmico são sempre conjugados com telas para vapor. Existem também painéis compostos por duas placas de materiais rígidos e uma camada no meio de poliuretano.

5.1.2.3. Tratamento da madeira

Uma das preocupações das estruturas de madeira é a durabilidade que o material apresenta aquando da sua colocação e posteriormente na sua utilização. Tal preocupação leva a que algumas empresas tenham o cuidado de, antes da utilização da madeira, procedam a um tratamento da mesma, de acordo com a sua utilização e exposição.

Dos sistemas construtivos estudados, a maioria tem esse cuidado, destacando-se no entanto duas soluções: a da Carmel que utilizada na estrutura das construções pinho marítimo tratado em autoclave sob vácuo à pressão com sais de cobre, que a impregnam totalmente, atravessando-a, garantindo assim uma eficaz preservação contra os agentes xilófagos (carunchos, térmitas) e também à podridão, fator que influencia as características mecânica e física da madeira (CARMEL, 2013).

A outra solução que tem essa mesma preocupação é o sistema construtivo Industrializado Leve da Mesquita Madeiras: toda a madeira destinada à realização da estrutura dos painéis de fachada sofre, se necessário, uma pré-secagem natural e posteriormente é tratada em autoclave por pressão com produtos preservadores em solução aquosa. Após o tratamento, a madeira é armazenada em local específico, onde se mantém, até que o seu teor em água médio não ultrapasse 14%, entrando em seguida na linha de fabrico (Mesquita Madeiras, 2004).

5.1.3. Paredes Interiores

Com a função de separar as divisões internas de uma habitação, as paredes interiores não têm exigências tão rigorosas como as paredes exteriores.

Dos sistemas analisados, a solução mais usual passa pela utilização de painéis duplos, com isolamento no interior e respetivo revestimento. Os materiais mais comuns na realização dos painéis são o OSB, madeira lamela colada e gesso cartonado, materiais já descritos anteriormente. O isolamento mais usual é a lã mineral. Relativamente aos revestimentos, existe uma grande variedade de materiais, sendo os mais utilizados os painéis de madeira e os revestimentos cerâmicos.

A Carmel oferece um tipo de solução em painel duplo com isolamento em placas de lã mineral. Quanto ao revestimento, pode ser com placas de gesso cartonado MDF ou com tábuas macheadas dispostas vertical ou horizontalmente, com 100 mm de espessura.



Figura 33 – Paredes interiores (CARMEL, 2013)

A ligação entre as paredes interiores é feita, geralmente, através de ligadores metálicos, sendo que alguns painéis estão preparados para uma ligação do tipo macho-fêmea, não necessitando assim de qualquer tipo de conexão metálica entre eles.

O sistema construtivo da Mesquita Madeiras apresenta um tipo de ligação misto, ou seja, as paredes interiores ligam-se lateralmente entre si por um macho postiço de madeira e por cinco grampos metálicos, aplicados ao longo da altura do painel (Figura 34).

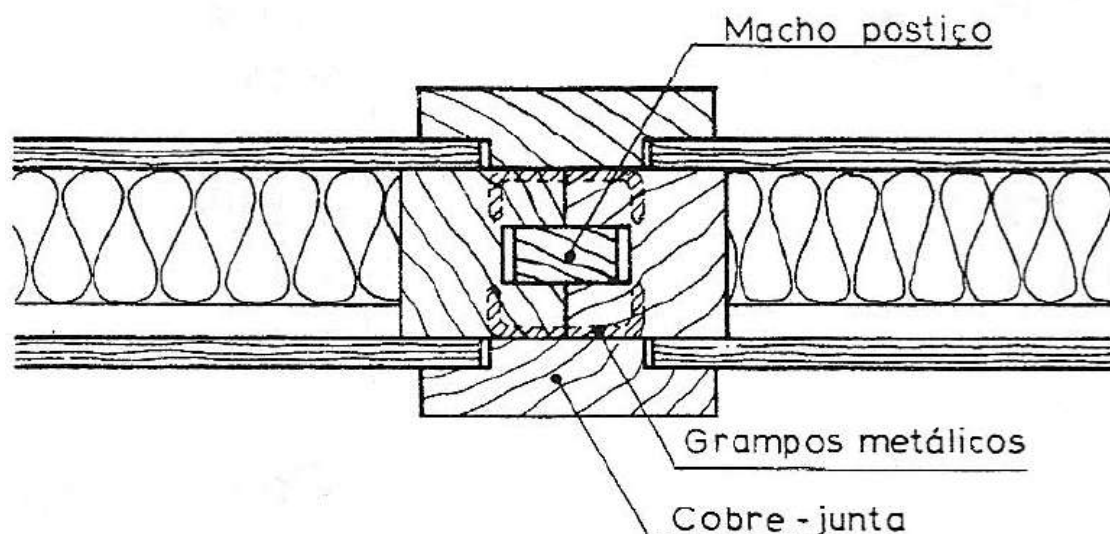


Figura 34 – Ligação das paredes interiores (Mesquita Madeiras, 2004)

Já a ligação das paredes interiores às paredes exteriores é realizada por seis cantoneiras, distribuídas em igual número nos dois paramentos dos painéis.

5.1.4. Pavimento

Os pavimentos em madeira constituem regra geral numa boa escolha, sendo um dos elementos principais da definição de um ambiente. O facto de serem quentes ao tato e bons isolantes térmicos e acústicos torna os ambientes mais confortáveis e agradáveis, graças às características e à beleza natural da madeira.

Em termos funcionais há que ter em conta o posicionamento dos pavimentos – térreo ou na separação entre pisos – que por sua vez terão exigências distintas. Num pavimento térreo deve ser colocada uma caixa-de-ar e isolamento térmico. Deve ser considerada também uma barreira pára-vapor, geralmente colocada na parte superior do isolamento, com o objetivo de combater problemas de humidade e assim proteger o soalho e evitar deformações e destacamento do mesmo.

A Mesquita Madeiras apresenta um tipo de pavimento limitado perifericamente por um murete de alvenaria de blocos de betão inertes correntes e pela soleira de fachadas. É constituído por um enrocamento com cerca de 10 cm de espessura, um massame com 7 cm e uma betonilha hidrofugada com 3 cm, sobre a qual é aplicado o revestimento final (Mesquita Madeiras, 2004).

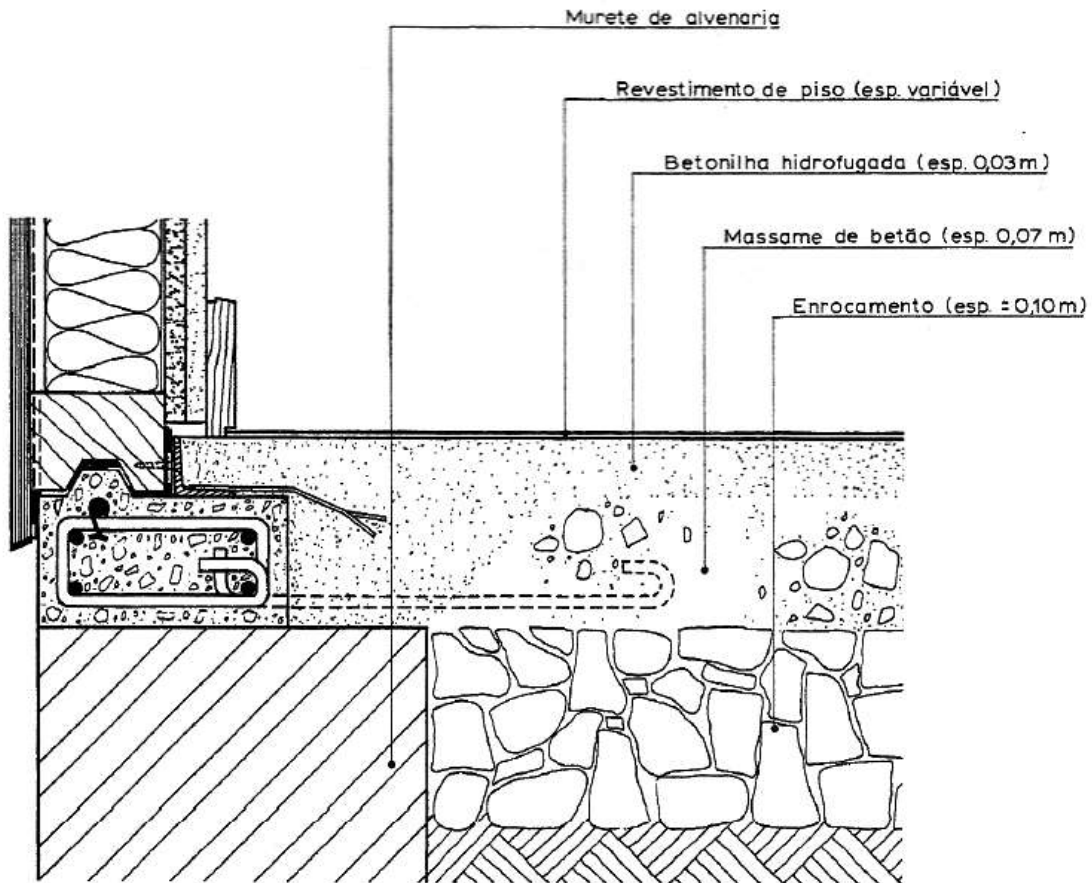


Figura 35 – Execução do pavimento (Mesquita Madeiras, 2004)

A empresa Imowood, através do sistema da Woodhouse, apresenta uma solução para a realização de pavimentos composta por uma tela de betão e alumínio, para isolamento da humidade do pavimento por ascensão, na zona de implantação das paredes exteriores e interiores. A Toscca também tem especial cuidado na realização dos seus pavimentos apresentando um tipo de solução constituída por barrotes de madeira tratada fixos à base, tela impermeável, placa de suporte ao revestimento e por fim o revestimento, normalmente em madeira flutuante. Já nos pavimentos entre pisos, para além das exigências mencionadas, é necessário ainda colocação de isolamento acústico, normalmente colocada entre painéis, quando estes são duplos, senão deve ser colocado sobre a estrutura resistente.

5.1.5. Cobertura

Entre os sistemas construtivos estudados existem dois tipos de cobertura usados – cobertura inclinada e plana. Devido à sua utilização e importância é pertinente fazer uma breve alusão a ambos.

Na realização de uma cobertura inclinada é necessário ter em atenção como é o tipo de ligação na cumeeira e da cobertura com as paredes resistentes. Na cumeeira o tipo de ligação mais usual é a utilização de uma placa metálica que liga a própria cumeeira e as vigas concorrentes, normalmente distanciadas entre si de 600 mm.

A ligação entre a estrutura da cobertura e as paredes resistentes é feita geralmente através de pregos ou parafusos. O tipo e a resistência da fixação usada dependem da quantidade e qualidade dos elementos de fixação e da qualidade do material de cobertura. Um bom exemplo são as casas de madeira Lapponia House, que para além das ligações referidas, utilizam ainda cintas de aço, chapas metálicas e fixações deslizantes, desde que especificadas pelo fabricante (Torres, 2010).

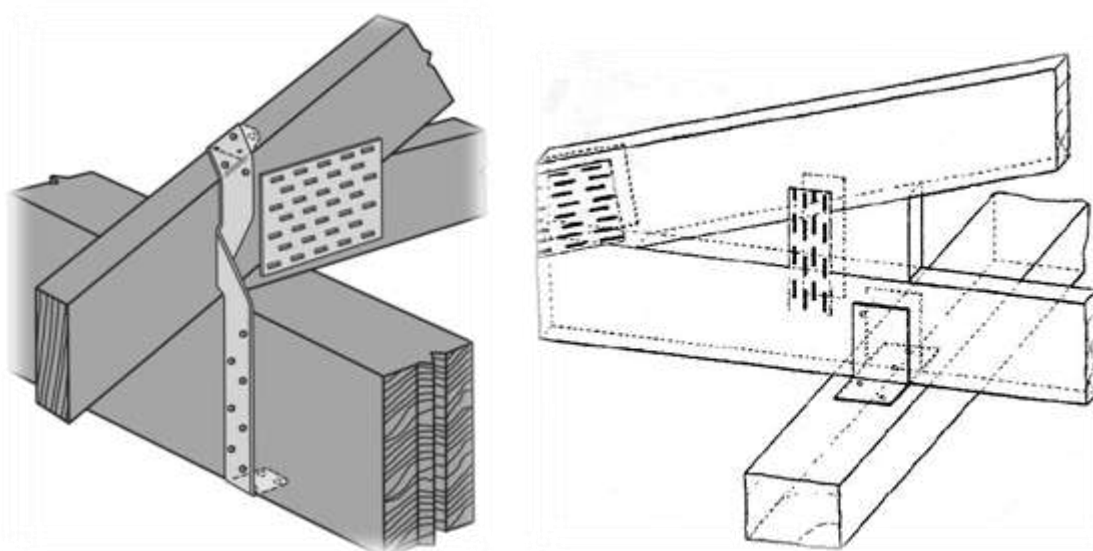


Figura 36 – Pormenor de ligação da cobertura á parede resistente (SIMPSON, 2010) e (Mesquita Madeiras, 2004)

Já as coberturas planas são suportadas ou por vigas, geralmente com perfil em I, ou por painéis de madeira maciça ou madeira lamelada com boa resistência mecânica. O tipo de ligações também difere, uma vez que os painéis necessitam de ligações mais resistentes à fachada ou mesmo entre si. No caso das vigas as ligações são feitas através de ligadores metálicos nos quais são apoiadas as vigas e fixadas por parafusos.

Uma cobertura tem as exigências funcionais de isolamento térmico, impermeabilidade e problemas de higroscopia. Deste modo a cobertura deve ser provida de uma camada

impermeável porosa, isolamento térmico e uma barreira pára-vapor. A empresa Toscca, para cumprir as exigências referidas utiliza um isolamento térmico em lã de rocha e uma barreira corta-vapor. São fixadas ripas de madeira sob as vigas de suporte da cobertura, de forma a criar uma caixa-de-ar e colocar uma tela microporosa a fim de garantir estanquidade contra humidades provenientes do telhado (TOSCCA, 2012)

Já a Carmel, na realização das suas coberturas, aplica uma tela em poliéster betuminoso microporosa de modo a não deixar passar humidade e evitar condensações (CARMEL, 2013).

Em relação aos acabamentos, o mais comum é a utilização da telha cerâmica, mas algumas empresas apresentam alternativas nas suas construções, que é o caso da Modular System que realiza coberturas com acabamento em tela asfáltica mineralizada, em zinco, em cobre e coberturas ajardinadas. A empresa Toscca oferece acabamentos de cobertura em telha cerâmica, metálica, tela asfáltica e colmo (produto natural de origem africana).

5.1.6. Caixilharia, Portas e Janelas

Caixilharia é todo o tipo de armação no qual se encaixam janelas, portas ou placas que poderão conter vidros ou outro tipo de materiais translúcidos. Essa armação poderá ser em metal (como o alumínio), madeira ou mesmo em PVC.

Os painéis pré-fabricados chegam à obra já com os devidos cortes para as aberturas (portas e janelas), sendo somente necessária a fixação da caixilharia. Em alguns casos as portas e janelas já vão prontas e instaladas, assegurando maior rapidez de construção.



Figura 37 – Caixilharia metálica (Tisem, 2012)

Nas casas realizadas com troncos, as aberturas vão “surgindo” consoante o desenvolvimento dos trabalhos da habitação, utilizando as peças com os devidos cortes e remates.



Figura 38 – Construção em troncos (Spring Construções, 2013)

Em relação à escolha das portas e janelas, essa decisão assume um papel fundamental para o desempenho térmico de uma habitação. Por norma, estes são os elementos responsáveis por grandes perdas energéticas e, caso não sejam criteriosamente escolhidos, poderá ser posta em causa toda a eficiência acústica e térmica da habitação (TOSCCA, 2012).

Dos sistemas estudados, as empresas oferecem enumeras soluções na realização de portas e janelas. A Imowwod, através da sua marca Winwood – Janelas de Madeira, produz janelas de perfil lamelado-colado, com vidro duplo. São compostos por dois vidros e perfil separador, formando uma câmara-de-ar ou gás (IMOWOOD, 2012)

A Toscca, no seu sistema, oferece uma vasta gama de portas e janelas, recorrendo maioritariamente a perfis de madeira, podendo também utilizar materiais como o alumínio e o PVC.

5.1.7. Redes e Equipamentos

Os equipamentos referidos são todos os elementos que pertencem à rede de eletricidade, de distribuição de água e de saneamento básico, de distribuição de gás, de aquecimento, ventilação e ar condicionado e a outros equipamentos responsáveis por redes que aumentam o conforto das pessoas nas suas habitações.

Quando comparadas com construções de betão ou alvenaria de tijolo, a instalação de equipamentos em casas de madeira sempre foi mais restrita, devido à dificuldade de fixação na estrutura de madeira. Hoje em dia, com os novos métodos de fixação e novos materiais, esse problema é fácil de resolver.

5.1.7.1. Rede de eletricidade

Neste tipo de sistema, a principal dificuldade está relacionada com o facto de ser impossível de atravessar os fios e cabos eléctricos nas paredes de madeira maciça, visto se tratar de um tipo de rede que deve abranger todas as divisões da casa. Inicialmente tentou-se contornar essa situação com a passagem dos fios eléctricos em algumas zonas da estrutura, sem comprometer a sua estabilidade, como nos rodapés ou nas molduras do teto.

Com o aparecimento dos painéis pré-fabricados, essa questão foi bem abordada, com os cabos e fios eléctricos a ficarem alojados na caixa-de-ar das paredes, no caso de painéis duplos, no pavimento e no teto.



Figura 39 – Execução de roços para instalação eléctrica (Tisem, 2012)

É importante que a instalação fique bem protegida de ações exteriores, através da amarração ao elemento estrutural por intermédio de ligadores metálicos. A Toscca, na execução do seu sistema construtivo em troncos de madeira, realiza uma pré-instalação eléctrica, através da furação e colocação de tubos e cabos.

5.1.7.2. Rede de água e saneamento

A rede de água e saneamento é um sistema que deve ser considerado logo na fase de execução das fundações de um edifício. Idêntico à instalação elétrica apresenta a impossibilidade de as tubagens serem colocadas na parede de madeira maciça.

Nas casas pré-fabricadas em madeira, este tipo de rede é totalmente oculto e colocado na caixa-de-ar dos pavimentos e das paredes, prevenindo assim qualquer tipo de assentamento da estrutura.



Figura 40 - Colocação das tubagens no pavimento e na parede (Tisem, 2012)

Uma das opções que se pode tomar e assim diminuir os problemas associados a este tipo de sistema é tentar juntar todas as divisões que necessitem de tubagens numa mesma zona da habitação, como a cozinha, instalações sanitárias, lavandaria, etc.

5.1.7.3. Rede de distribuição de gás

É necessário ter especial atenção à rede de distribuição de gás, uma vez que as consequências de uma incorreta instalação são bem mais graves do que qualquer outro tipo de rede, estando relacionadas com a segurança das próprias pessoas. O tipo de instalação é em todo semelhante à de rede de distribuição de água e saneamento, excetuando que a rede de gás não abrange toda a habitação, estando limitada à ligação a um fogão e a um esquentador, diminuindo assim o risco de problemas na instalação.

5.1.7.4. AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

Atualmente existe uma grande variedade de equipamentos de aquecimento – lareira, aquecedor, salamandra, ar condicionado, etc. Quando instalados numa casa de madeira há que ter em atenção se cumprem os requisitos exigidos de forma a evitar a ocorrência de incêndio.

Relativamente à exaustão de fumos, existem duas soluções preferencialmente utilizadas: chaminé em alvenaria de tijolo ou conduta metálica. A chaminé em tijolo requer maiores cuidados de limpeza, necessitando de um sistema de ventilação próprio a partir do exterior. Já a conduta metálica deve ser realizada em tubo duplo isolado, envolto em lã de rocha e papel de alumínio. Quando comparados, o primeiro sistema é economicamente mais acessível, mas o segundo tem maior durabilidade e é mais fácil de limpar.



Figura 41 – Conduta metálica (Summavielle, 2005)

No que diz respeito à ventilação nas casas de madeira, esta divide-se na ventilação da envolvente exterior e do espaço interior.

A envolvente exterior de uma casa de madeira é um aspeto importante, uma vez que é necessário garantir a secagem rápida da madeira de modo a impedir a fixação muito prolongada de humidade. Um dos pormenores construtivos que se deve realizar é a criação de espaços de ar na zona inferior ao rés-do-chão e na cobertura possibilitando a circulação do ar.

A ventilação do espaço interior está mais relacionada com a qualidade do ar, ou seja, na diminuição do teor de humidade e nas condensações dentro da habitação. Podem ser

utilizados meios de ventilação passiva, utilizando corretamente o espaço (entradas e saídas de ar), e meios de ventilação ativa, como o ar condicionado e sistemas de exaustão (Vaz, 2008).

5.2. Manutenção

A manutenção das habitações de madeira deve ser de fácil execução e sem grandes incómodos para os habitantes. As paredes exteriores, por norma, necessitam de um período de manutenção de cerca de três anos, uma vez que estão expostas aos agentes climatéricos, como sol (radiação UV), chuva ou vento, enquanto as paredes interiores não necessitam de qualquer tipo de manutenção.

O método mais utilizado em Portugal passa, numa primeira fase, pela limpeza das paredes com água, por intermédio de uma mangueira ou através de um pano húmido, dependendo do estado da parede. Seguidamente, após a secagem da parede, são aplicadas duas demãos de velatura, num intervalo de aproximadamente de 8 horas.

A Carmel usa um tipo de velatura pigmentada garantindo uma total resistência da superfície da madeira, mantendo-a em bom estado. A Toscca utiliza velaturas de base aquosa ou oleosa para manter e conservar o bom aspeto da madeira, mas também para garantir a longevidade do material. Estas velaturas têm também a função de combater os agentes xilófagos, que se “alimentam” da madeira provocando a sua degradação. Por fim e caso se pretenda, pode aplicar-se um produto de acabamento exterior para melhorar o aspeto.

Este tipo de manutenção, para além de muito barata, é extremamente fácil de realizar, pelo qual não é necessário nenhum profissional especializado na sua aplicação.

5.3. Análise económica das soluções

Neste ponto procedeu-se a uma análise económica dos sistemas construtivos pré-fabricados em madeira apresentados anteriormente. Esta análise consiste, primeiramente, na recolha de dados relativos a custos de execução das soluções e posteriormente numa comparação desses valores. Essa informação foi obtida através da pesquisa nos *sites* da internet das empresas e, quando necessário, do contato com as mesmas.

Durante a pesquisa efetuada, foi encontrada uma lacuna em relação ao modo como a informação está disponível. Grande parte das empresas analisadas não disponibiliza informação detalhada do custo do seu sistema: se por um lado é um tipo de informação difícil de prever devido ao elevado grau de pré-fabricação, por outro, deveria existir uma maior preocupação das empresas em fornecer esse valor, a fim de elucidar da melhor maneira as pessoas interessadas nas soluções.

Também é de salientar um aspeto positivo encontrado. Geralmente, os *sites* das empresas consideradas disponibilizam um campo específico para a realização de orçamentos, sendo possível estimar o custo, não só de uma divisão, mas também de uma habitação de acordo com as suas necessidades.

Foram estabelecidos alguns parâmetros da habitação em estudo de forma a estabelecer uma base comum na análise de custos das soluções (ver tabela 4).

Tabela 4 - Parâmetros da habitação

Descrição da Habitação	
Uso a que se destina	Habitação Familiar
Área habitável (m²)	200
Número de pisos	1
Tipologia	T3

5.3.1. Jular - Treehouse

A construção da Treehouse é feita módulo a módulo, cada um com 22m². A habitação pode expandir-se quer em altura quer em extensão, através do acrescento de novos módulos (Treehouse, 2010).

De acordo com a informação recolhida, cada m² de área encerrada, ou seja, cada m² de módulo tem um custo mínimo de 800€ e um custo máximo de 1.100€ (com maiores especialidades e envidraçados). Foi considerado o valor mínimo, devido à menor

especificidade utilizada na construção do módulo. É possível então conhecer o preço de um módulo (ver tabela 5).

Tabela 5 - Preço médio do módulo

Área Módulo (m ²)	Preço unitário (€/m ²)	Preço Módulo (€)
22	800	17.600

De acordo com os parâmetros definidos no início deste ponto, é possível definir o preço total de uma habitação realizada com este tipo de solução. Conhecendo o preço unitário (€/m²), basta multiplicar esse valor pela área total da habitação (ver tabela 6).

Tabela 6 - Preço total da habitação Treehouse

Área total (m ²)	Preço unitário (€/m ²)	Preço total (€)
200	800	160.000

De acordo com a empresa Jular, este valor inclui:

- Estrutura em madeira microlamelada Kerto®;
- Sistema de cobertura com isolamento térmico e telas impermeabilizantes;
- Paredes exteriores com isolamento térmico e ventilação;
- Fachada ventilada em Thermowood® ou Riga;
- Instalação elétrica;
- Sistema de água e saneamento, incluindo torneiras;
- Loiça sanitária;
- Caixilharia oscilo-batente de elevada qualidade com vidro duplo;
- Revestimentos interiores e exteriores;
- Pavimento flutuante em madeira.

Não inclui:

- Taxas e licenças;
- IVA;
- Sondagens;

- Levantamento topográfico;
- Estacas/fundações.

5.3.2. Carmel

As construções da Carmel são concebidas em painéis modulares, oferecendo um tipo de construção industrializada, mas também dispõem de um conjunto de modelos variados de modo a satisfazer as exigências dos seus clientes, tornando as suas construções em madeira personalizadas (CARMEL, 2013).

O sistema construtivo da empresa supra referida apresenta duas soluções na realização de paredes exteriores, e valores de comercialização distintos. Utilizando paredes duplas isoladas, o preço por m^2 é de 580€, já o preço por m^2 com a utilização de paredes triplas com caixa-de-ar é de 680€.

Foi necessário escolher, entre os modelos disponíveis, um que satisfizesse os parâmetros definidos no início deste ponto. A escolha recaiu sobre o modelo Baleal 200 – segue em anexo (anexo I) o desenho e a planta do modelo. É uma habitação familiar, com 200 m^2 e realizado com paredes exteriores duplas isoladas em meios troncos calibrados (CARMEL, 2013).

Sabendo o preço unitário (€/m²), basta multiplicá-lo pela área total do modelo escolhido, e assim conhecer o custo total da habitação (ver tabela 7).

Tabela 7 - Preço total da habitação Carmel

Área total (m ²)	Preço unitário (€/m ²)	Preço Total (€)
200	580	116.000

Este valor não inclui:

- A base de alvenaria e material cerâmico (azulejos nas paredes dos banhos e na cozinha na zona entre o balcão com lava louça e o armário superior, tijoleiras em toda a casa, exceto nos quartos);
- Despesas de transporte de material, viagens e almoços do pessoal, em montagens num raio até 50 km;
- Estadias (dormidas, pequeno almoço, almoço e jantar) para montagens para além de 50 km.
- IVA à taxa legal em vigor.

A empresa refere que o tempo de construção da habitação é de cerca de dois meses por cada 100 m², ou seja, aproximadamente quatro meses para a construção total da habitação.

5.3.3. Toscca

A empresa Toscca oferece aos seus clientes duas modalidades de construção: escolher um modelo standard e fazer as adaptações que melhor entender, como materiais da cobertura, tipo de portas e janelas ou mesmo divisões interiores, ou então desenhar um modelo completamente novo e personalizado (TOSCCA, 2012).

Esta empresa apresenta casas de madeira por catálogo. Não foi possível encontrar um modelo que atendesse aos requisitos pretendidos. Deste modo optou-se por escolher o modelo que melhor se aproxima do desejado. O modelo escolhido foi o *Toscca Natura*, com uma área de 182,90 m². Foi disponibilizado o preço total da habitação realizada com paredes exteriores duplas: 109.529,11€.

Com este valor e com a área total da habitação é possível conhecer-se o preço unitário (€/m²), como indicado na tabela 8.

Tabela 8 - Preço unitário da habitação

Área Total (m ²)	Preço Total (€)	Preço Unitário (€/m ²)
182,90	109.529,11	598,85

Com o preço unitário da habitação, é possível conhecer o valor (aproximado) da habitação com 200 m² (ver tabela 9).

Tabela 9 - Preço total da habitação Toscca

Área Total (m ²)	Preço Unitário (€/m ²)	Preço Total (€)
200	598,85	119.769,39

Este valor inclui:

- Todos os acessórios necessários à correta instalação da construção;
- Pré-instalação elétrica, incluindo furação dos troncos e colocação de tubos e cabos;
- Instalação de loiças sanitárias;
- IVA à taxa legal em vigor.

Não inclui:

- Instalação elétrica;
- Licenciamento;
- Base de assentamento;
- Colocação de material cerâmico nos pisos e paredes.

5.3.4. Imowood – Woodhouse

A Woodhouse – Casas de Madeira é um produto da empresa Imowood, responsável pela projeção, concessão e montagem de casas em madeira. São disponibilizados diversos modelos, com diferentes tipologias e áreas de habitação, capazes de satisfazer as necessidades dos clientes (IMOWOOD, 2012).

Quando contactada para a realização do orçamento pretendido, a empresa solicitou alguns parâmetros necessários para uma correta avaliação de custos. Um dos pontos solicitado foi o tipo de modelo pretendido, ao qual foi escolhido o modelo LM – 3200, por se tratar de um modelo com uma área de habitação com 200 m², e assim obedecer a um dos parâmetros estabelecidos no início deste ponto. Em anexo (anexo IV) são apresentados os documentos relativos a todo o processo de orçamentação disponibilizado pela empresa.

Foram pedidos dois orçamentos a fim de comparar preços realizados pela empresa para um mesmo modelo (LM - 3200), mas com materiais distintos: um com madeira maciça KVH e outro com madeira lamelada colada (MLC). Os valores estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Preços totais para KVH e MLC

Material	Preço Total (€)
KVH	100.829,46
MLC	111.702,77

Conhecendo o preço total da habitação e a sua área é possível saber o preço unitário (€/m²), como indicado na tabela 11.

Tabela 11 - Preços unitários para KVH e MLC

Material	Área Total (m ²)	Preço Total (€)	Preço Unitário (€/m ²)
KVH	200	100.829,46	504,15
MLC		111.702,77	558,51

O preço total inclui:

- Projetos de especialidades;
- Fornecimento dos Kits;
- Transporte de todo o material para obra;
- Mão-de-obra;
- Execução da base;
- Fornecimento e aplicação de revestimentos para pavimentos, tetos e coberturas;
- Portas interiores simples;
- Execução de portas e janelas de sacada;
- Fornecimento e aplicação de instalação elétrica, redes de água e esgotos;
- Loijas sanitárias e respetivos acessórios;
- Fornecimento e aplicação de todas as pinturas;
- Deslocações, alojamento e alimentação dos trabalhadores.

Não inclui:

- Portas de entrada exteriores;

- Fornecimento e aplicação das instalações telefónicas;
- Bancadas de cozinha;
- Aplicação de Roupeiros;
- Aplicação de chaminé e lareira;
- IVA à taxa legal em vigor.

5.3.5. Tisem

Esta empresa conta com uma vasta experiência na construção de estruturas em madeira. Entre os projetos realizados destacam-se moradias unifamiliares, edifícios escolares, centros culturais, entre outros, quer em Portugal quer no estrangeiro (Tisem, 2012).

Ao contactar a empresa relativamente ao custo da solução, a informação recebida foi que o preço unitário de construção seria de 500-550 €/m², sendo que 200-220 €/m² corresponderiam à estrutura de madeira.

Visto que, relativamente aos valores recebidos, não se tem nenhuma especificação da solução, optou-se por definir um valor médio de preço unitário (525€/m²) e assim proceder a todos os cálculos necessários. O preço deste tipo de solução está discriminado na Tabela 12.

Tabela 12 - Preço total da habitação Tisem

Área Total (m ²)	Preço Unitário (€/m ²)	Preço Total (€)
200	525	105.000

Este valor inclui:

- Levantamentos topográficos;
- Fundações;
- Transporte e montagem dos materiais;
- Instalações (elétrica, água, esgotos e gás);
- Revestimentos interiores e exteriores;
- Loiças sanitárias e equipamentos de cozinha.

Não inclui:

- Projetos de especialidades;
- IVA à taxa legal em vigor.

O valor de construção respeitante à estrutura de madeira estaria entre os 40.000/44.000 €, dependendo da quantidade e especificidade da madeira a utilizar.

5.3.6. Spring Construções, Lda. – Lapponia House

A empresa Spring Construções disponibiliza catálogos dos diferentes sistemas construtivos, com vários modelos contendo informação acerca de áreas totais e úteis, bem como as plantas correspondentes (Spring Construções, 2013).

A par de outras empresas, foi necessário escolher um dos modelos disponíveis, de modo a proceder ao orçamento requerido. O modelo escolhido foi o *Lapponia 208*, que dentro da gama das Lapponia House é o que mais se aproxima dos parâmetros definidos anteriormente. Segue em anexo (anexo II) o desenho e a planta do modelo.

Foi disponibilizado o preço total da habitação realizada com paredes exteriores de 180 mm, com a modalidade de construção sistema chave-na-mão: 192.326,00 €. Com este valor e com a área total da habitação é possível conhecer-se o preço unitário (€/m²), apresentado na tabela 13.

Tabela 13 - Preço unitário da habitação

Área Total (m ²)	Preço Total (€)	Preço Unitário (€/m ²)
208	192.326,00	924,64

Com o preço unitário da habitação, é possível conhecer o valor (aproximado) da habitação com 200 m² (ver tabela 14).

Tabela 14 - Preço total da habitação Lapponia House

Área Total (m ²)	Preço Unitário (€/m ²)	Preço Total (€)
200	924,64	184.928,85

Este valor inclui:

- Desenhos do projeto;
- Escavação e execução de plataforma rebocada e pintada;
- Transporte dos materiais;
- Acabamentos interiores e exteriores;
- Janelas de alumínio com vidro duplo;
- Portas exteriores de alumínio;
- Instalação de redes de eletricidade, águas, gás e esgotos;
- Mobiliário de cozinha;
- Loijas sanitárias;
- Tratamento e pintura/velatura da madeira;
- Execução da cobertura em tela asfáltica;
- Pré-instalação de painel solar para aquecimento de águas domésticas.

A empresa informa que o tempo de fabrico da habitação é entre 6 a 8 semanas após a adjudicação e o tempo de entrega, via marítima, é de 30 dias.

Não inclui:

- IVA à taxa legal em vigor;
- Estrutura em madeira maciça;
- Cabines duche, ralos e toalheiros;
- Equipamentos de climatização.

5.3.7. Modular System

A empresa Modular System disponibiliza alguns modelos em catálogo com tabela de preços, bem como as respetivas plantas e desenhos. No seu *site* é possível encontrar informação relativa aos prazos de execução dos projetos. Na escolha de um dos modelos desenvolvidos pela Modular System, o prazo médio é de 16 semanas, (excluindo o prazo para as aprovações camarárias), sendo 8 semanas para a execução da obra (ModularSystem, 2003).

Quando contactada, a empresa disponibilizou um orçamento relativo a um dos seus modelos (M.1+), composto por sete módulos M+, com três quartos (T3), um piso e com uma área de construção de 125,15 m². Em anexo (anexo III) é apresentada o desenho e a

planta do modelo em causa. Na Tabela 15 é apresentado o preço total e unitário desta solução.

Tabela 15 - Preço unitário da habitação

Área Total (m ²)	Preço Total (€)	Preço Unitário (€/m ²)
125,15	112.900,00	902,12

Tendo o preço unitário da habitação, é possível, de uma forma aproximada, conhecer-se o valor da habitação com 200 m² (ver tabela 16).

Tabela 16 - Preço total da habitação Modular System

Área Total (m ²)	Preço Unitário (€/m ²)	Preço Total (€)
200	902,12	180.423,50

Este valor inclui:

- Estrutura em madeira lamelada colada;
- Piso interior em soalho;
- Paredes interiores em gesso cartonado pintado;
- Pavimentos e paredes de casas de banho revestidas com azulejo;
- Cobertura em tela asfáltica;
- Tetos em contraplacado;
- Fachadas em vigas de madeira lamelada;
- Caixilharia exterior de madeira;
- Instalação de águas e saneamento;
- Instalação elétrica;
- Loiças sanitárias e torneiras;
- Vidros duplos.

Não inclui:

- Projeto de arquitetura e especialidades;
- Taxas, licenças, execuções de ramais, vistorias e certificações;

- Preparação do terreno e fundações e infraestruturas no terreno;
- Levantamento topográfico, estudos geotécnicos;
- Armários e mobiliário de decoração;
- Eletrodomésticos e AVAC;
- Projeto de arranjos exteriores e modelação do terreno;
- Transportes, meios de elevação e cargas e descargas.

De seguida é apresentada uma tabela síntese dos preços unitários e totais praticados pelas empresas.

Tabela 17 - Síntese de preços

Sistemas	Preço Unitário (€/m²)	Preço Total (€)
Treehouse	800,00	160.000,00
Carmel	580,00	116.000,00
Toscca	598,85	119.769,39
Woodhouse	558,51	111.702,77
Tisem	525,00	105.000,00
Lapponia House	924,64	184.928,85
Modular System	902,12	180.423,50

Dos valores apresentados na tabela 17 é possível verificar que as soluções da Treehouse, Lapponia House e Modular System apresentam preços muito elevados comparados com as outras soluções.

Por se tratarem de soluções homologadas ou certificadas (o sistema Lapponia House é certificado pela ETA enquanto que o sistema Treehouse está com o seu processo de homologação em curso) – o que leva a um elevado grau de especificação e pormenorização

– os valores apresentados pelas empresas são muito superiores, enquanto as empresas que apresentam pouca especificação nos seus sistemas, pratiquem preços mais acessíveis.

Outro aspeto a ter em consideração relativamente aos valores apresentados nos orçamentos é a forma como as empresas entregam as casas aos seus clientes. Algumas empresas dispõem da modalidade de construção “sistema chave-na-mão”, ou seja, quando a casa é entregue, está pronta a ser habitada, não tendo o cliente qualquer tipo de preocupação com a decoração e instalação de equipamentos.

Já no caso da Modular System a justificação para a prática dos seus preços poderá ser a sua diversidade no tipo de soluções que apresenta.

Capítulo 6

Conclusões finais e desenvolvimentos futuros

6. CONCLUSÕES FINAIS E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Neste capítulo serão apresentadas as devidas conclusões, após a análise da toda a informação apresentada anteriormente, bem como os desenvolvimentos futuros considerados.

6.1. Conclusões finais

Na realização deste trabalho foi estudado e apresentado um conjunto de sistemas de empresas nacionais com características distintas umas das outras, de modo a verificar o estado atual desta indústria em Portugal.

Da análise dos sistemas construtivos, facilmente se verifica que as madeiras mais utilizadas são o pinheiro bravo, o pinheiro nórdico e o abeto nórdico. Todas elas apresentam excelentes características mecânicas, nomeadamente boa resistência e durabilidade.

Um dos pontos desenvolvidos nesta dissertação é a utilização de derivados de madeira na execução dos painéis modulares, com o propósito de minimizar as carências da madeira maciça e dos sistemas tradicionais. Dos derivados expostos, os mais utilizados são os aglomerados de partículas, os lamelados colados e o OSB. Maioritariamente, são apresentados em placas, e quando aplicados corretamente conferem à estrutura onde se inserem maior estabilidade e maior resistência. Existem ainda outros materiais que contribuem para a melhoria do desempenho deste tipo de solução, nomeadamente em termos térmicos e acústicos, que é o caso da utilização de isolamentos de aglomerado de cortiça e mantas de lã mineral (Machado, 2005).

Visto tratar-se de soluções baseadas na pré-fabricação e na modulação, quando comparadas com sistemas tradicionais, apresentam maior eficiência relativamente ao tempo de execução, controlo de resíduos e custo total da obra (Marques, 2008).

No que respeita às exigências funcionais, este tipo de solução consegue obter desempenhos semelhantes aos sistemas mais tradicionais.

A madeira, apesar de ser um material combustível, durante o fogo cria uma camada carbonizada que impede ou adia o avanço da combustão, garantindo uma boa segurança

contra o fogo. As casas de madeira apresentam ainda uma elevada qualidade do ar interior devido à capacidade natural da madeira em regular a humidade (Coutinho, 1999).

Relativamente ao isolamento térmico, as soluções apresentam um bom desempenho, uma vez que a madeira possui uma baixa condutividade e na maioria das soluções são colocados materiais de isolamento. Neste ponto, é importante referir os gastos energéticos, associados às necessidades de aquecimento e arrefecimento dos espaços: um maior investimento em isolamento térmico na fase inicial traduz-se em ganhos relacionados com a climatização da habitação. Já em termos acústicos, a madeira apresenta pior performance de isolamento, razão pela qual as empresas apostam, nas suas soluções, na colocação de materiais de isolamento acústico.

Apesar da inovação e de novos conceitos aplicados neste tipo de soluções, a nível económico, os sistemas pré-fabricados em madeira apresentam ainda valores de mercado muito elevados, não conseguindo ser competitivos com os sistemas mais tradicionais. Ainda que os gastos possam ser elevados na construção de uma habitação de madeira, os custos de manutenção e de utilização são relativamente baixos, apresentando-se como uma das principais vantagens destas soluções.

6.2. Desenvolvimentos futuros

Após uma análise ao trabalho realizado é relevante desenvolver alguns pontos no futuro, tais como:

- estudar o comportamento das madeiras provenientes dos países nórdicos, nomeadamente o pinho e o abeto nórdicos, inseridas no clima mediterrâneo;
- estudar e desenvolver novos derivados de madeira e materiais protetores contra os agentes agressores da madeira;
- estudar os comportamentos térmico e acústico de uma habitação com a mesma tipologia mas com sistemas construtivos modulares em madeira distintos, através de um software;
- realizar um estudo económico aprofundado, comparando os sistemas construtivos apresentados.

Capítulo 7

Referências bibliográficas

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. aniascheer. (2011). Biskupin. In B.-. Polska (Ed.): flickr.
2. Araujo, F. V. d. (2010). Madeira serrada bruta Retrieved Maio de 2012, from http://www.fvdearaujo.com.br/pt/produtos/serrada_paletes.php
3. Cachim, P. B. (2007). *Construções em Madeira - A madeira como material de construção*.
4. CARMEL. (2013). CARMEL - Construções em Madeira Retrieved Maio de 2013, from <http://www.carmel.pt/index.htm>
5. Casema. (2013). Casema - Casas Especiais de Madeira Retrieved Abril de 2013, from <http://www.casema.pt/sobre/um-pouco-de-historia>
6. Castro, H. (2007). Datong, China: monastério suspenso nas rochas. Retrieved from <http://colunas.revistaepoca.globo.com/viajologia/2007/08/08/datong-%C2%96-valeu-a-viagem/>
7. Coutinho, J. d. S. (1999). *Materiais de Construção - Madeiras*.
8. COVEMA. (2011). COVEMA Madeiras Retrieved Abril de 2013, from <http://www.covema.pt>
9. Cruz, H., & Nunes, L. *A Madeira como Material de Construção*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Retrieved from <http://mestrado-reabilitacao.faa.utl.pt/disciplinas/jbastos/HCruzMadeiramaterial1.pdf>
10. IMOWOOD. (2012). Imowood - Imóveis de Madeira Retrieved Maio de 2013, from <http://www.imowood.pt/>

11. Jerónimo, R. M. S. (2009). *CONSTRUÇÃO EM MADEIRA - EXIGÊNCIAS PARA A CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA*. Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.
12. JULAR. (2008). JULAR - Madeiras Retrieved Abril de 2013, from www.jular.pt
13. Lapa, J. A. M. (2012). Apontamentos da aulas de Fundações e Estruturas de Suporte. Universidade de Aveiro.
14. Machado, J. S. (2005). *Placas de Derivados de Madeira - Tipos de placas e sua especificação*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
15. MadeiraEstrutural. (2009). Estruturas de Madeira - Madeira Lamelada colada, from <http://madeiraestrutural.wordpress.com/2009/06/15/madeira-lamelada-colada/#more-211>
16. Marques, L. E. M. M. (2008). *O PAPEL DA MADEIRA NA SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO*. Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
17. Martins, J. G., & Araújo, J. (2005). *As Madeiras na Construção Civil*.
18. MassivholzGmbH. from <http://www.klh.at/>
19. Mesquita Madeiras, S. A. (2004). Portugal Patent No. LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
20. ModularSystem. (2003). Modular System Retrieved Maio de 2013, from <http://www.modular-system.com>
21. Nishi, K., & Hozumi, K. (1996). *What Is Japanese Architecture?* : Kodansha International.
22. Onduline. (2010). ONDULINE - Materiais de Construção, S.A.. from http://www.onduline.com/pt/&module=category&var1=14&product=20&pr_page=46

23. Pais, S. (2011). Construção anti-sísmica, from <http://saraccpais.wordpress.com/2011/03/27/construcao-anti-sismica/>
24. Pastore, R. T. (1998). *Archaeology Unit & History Department, Memorial University of Newfoundland*.
25. PortaldaMadeira. (2009). LVL - Laminated Venner Lumber, from <http://portaldamadeira.blogspot.pt/2009/11/lvl-laminated-venner-lumber.html>
26. Sander, C. (2007). OSB-Platte, from <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:OSB-Platte.jpg>
27. Santos, A. C. F. M. d. (2008). *COMPORTAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO DE PRÉ-FABRICADOS DE MADEIRA*. Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.
28. SIMPSON. (2010). Conexiones para Ensambladuras de Madera. In S. Strong-Tie (Ed.).
29. SOMAPIL. (2012). SOMAPIL - madeiras do mundo, from <http://www.somapil.com>
30. Spring Construções, L. (2013). LAPPONIA HOUSE Retrieved Maio de 2013, from <http://www.lapponia-house.com/site/Home.aspx>
31. Summavielle, J. A. (2005). Retrieved from <http://casademadeira.blogspot.pt/2006/01/fotografias-da-chamin-captadas-no.html>
32. Tisem. (2012). Tisem, Lda Retrieved Maio de 2013, from <http://www.tisem.pt/>
33. Torres, J. T. C. (2010). *SISTEMAS CONSTRUTIVOS MODERNOS EM MADEIRA*. Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
34. TOSCCA. (2012). TOSCCA® - Soluções em Madeira Retrieved Maio de 2013, from www.toscca.com

35. Treehouse. (2010). JULAR - Madeiras, S.A., Maio de 2013, from <http://www.treehouse.pt/>
36. Vaz, S. M. (2008). *AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÓMICA DE CASAS PRÉ-FABRICADAS EM MADEIRA MACIÇA*. Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Referências Normativas

37. NP EN300:2002. Aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas (OSB). Definições, classificação e especificações.
38. EN 309:1992. Particleboards. Definition and classification
39. NP EN 313-1:2001 Contraplacado. Classificação e terminologia. Parte 1: Classificação.
40. NP EN 316:2001. Aglomerado de fibras de madeira. Definição, classificação e símbolos.
41. NP EN 1194:2002
42. EN 14279: Laminated Venner Lumber (LVL) – Definitions, classification and specifications

Anexos

ANEXO I - Modelo “Baleal 200” da Carmel

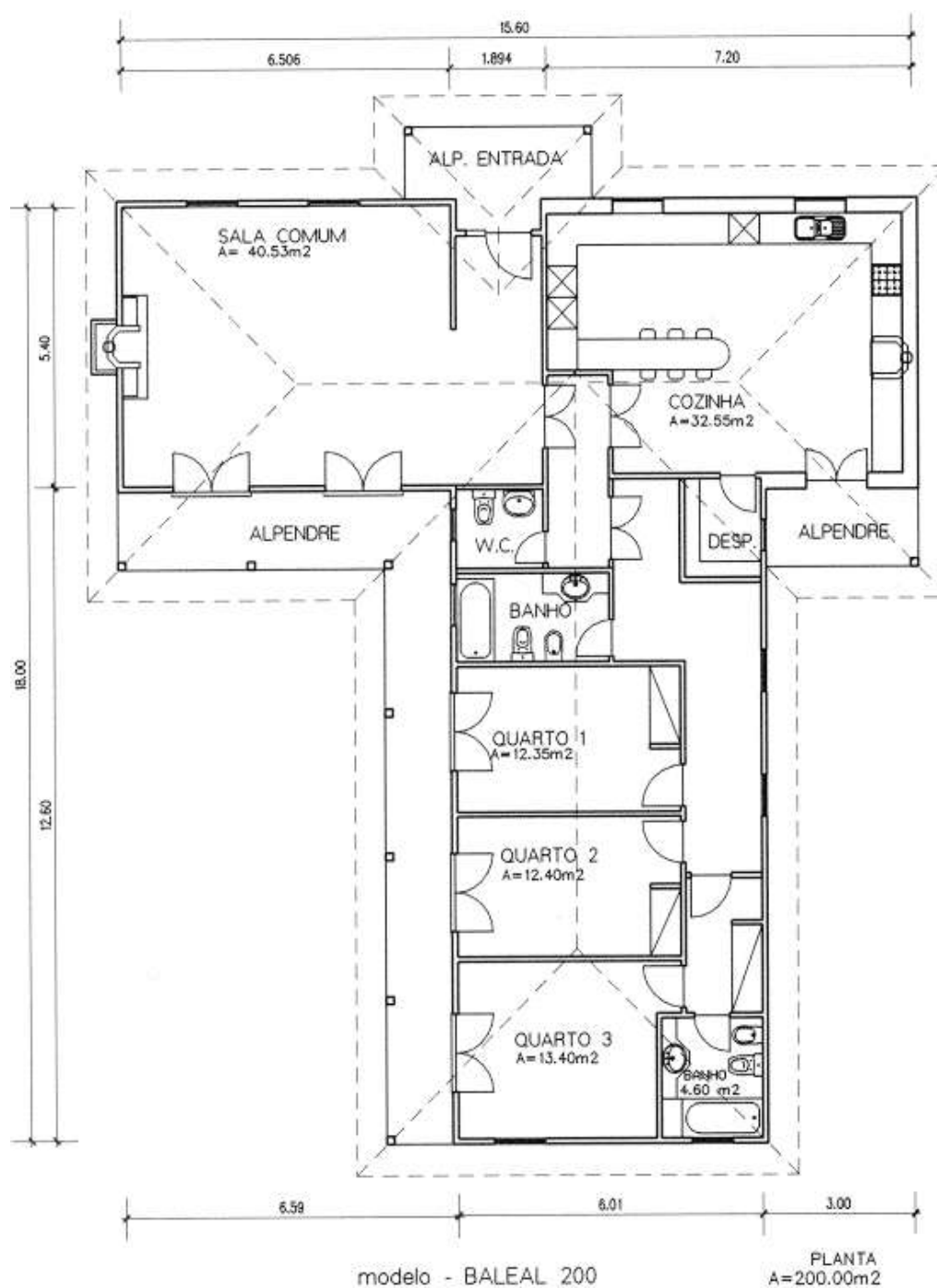


Figura 42 - Planta do modelo Baleal 200 (CARMEL, 2013)

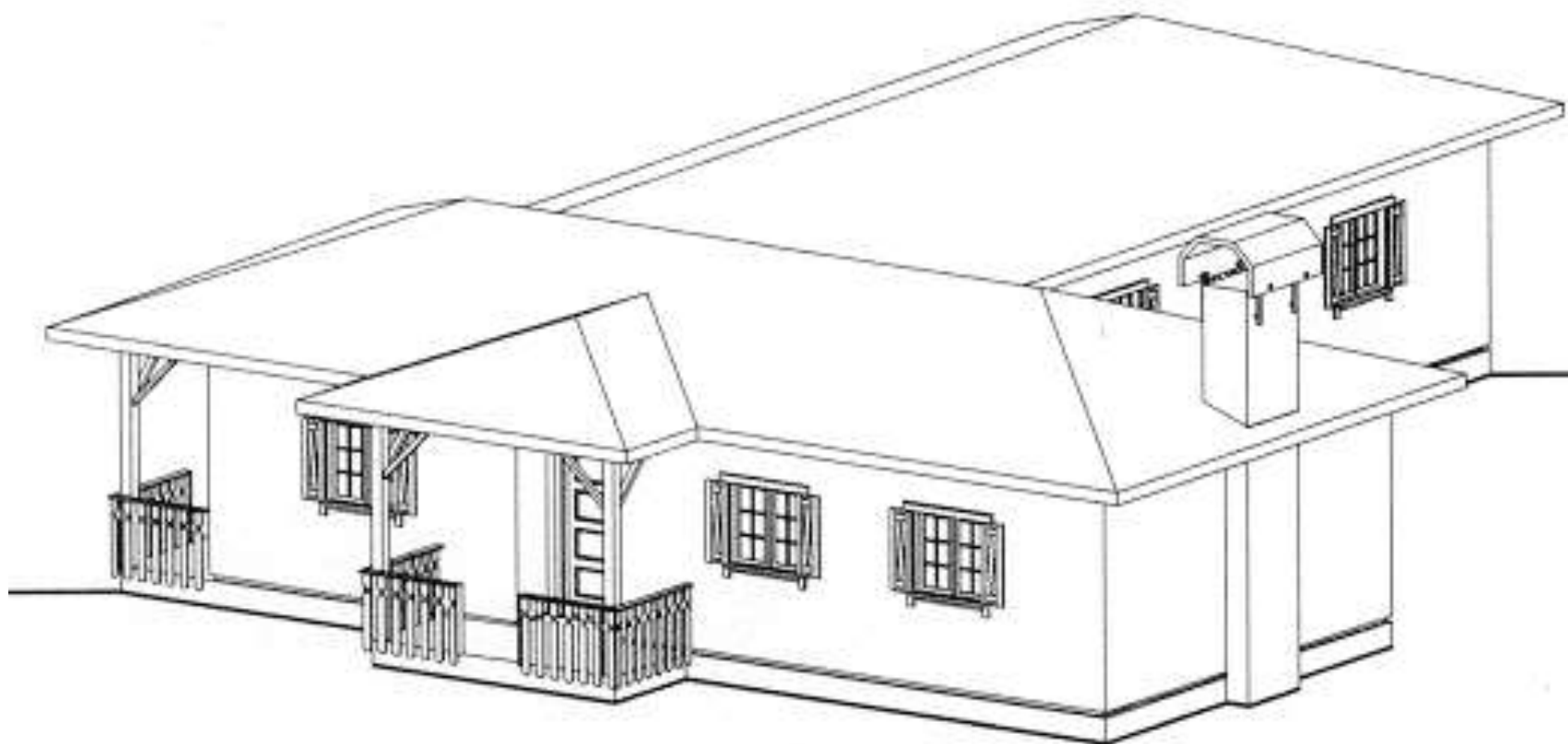


Figura 43 - Desenho modelo Baleal 200 (CARMEL, 2013)

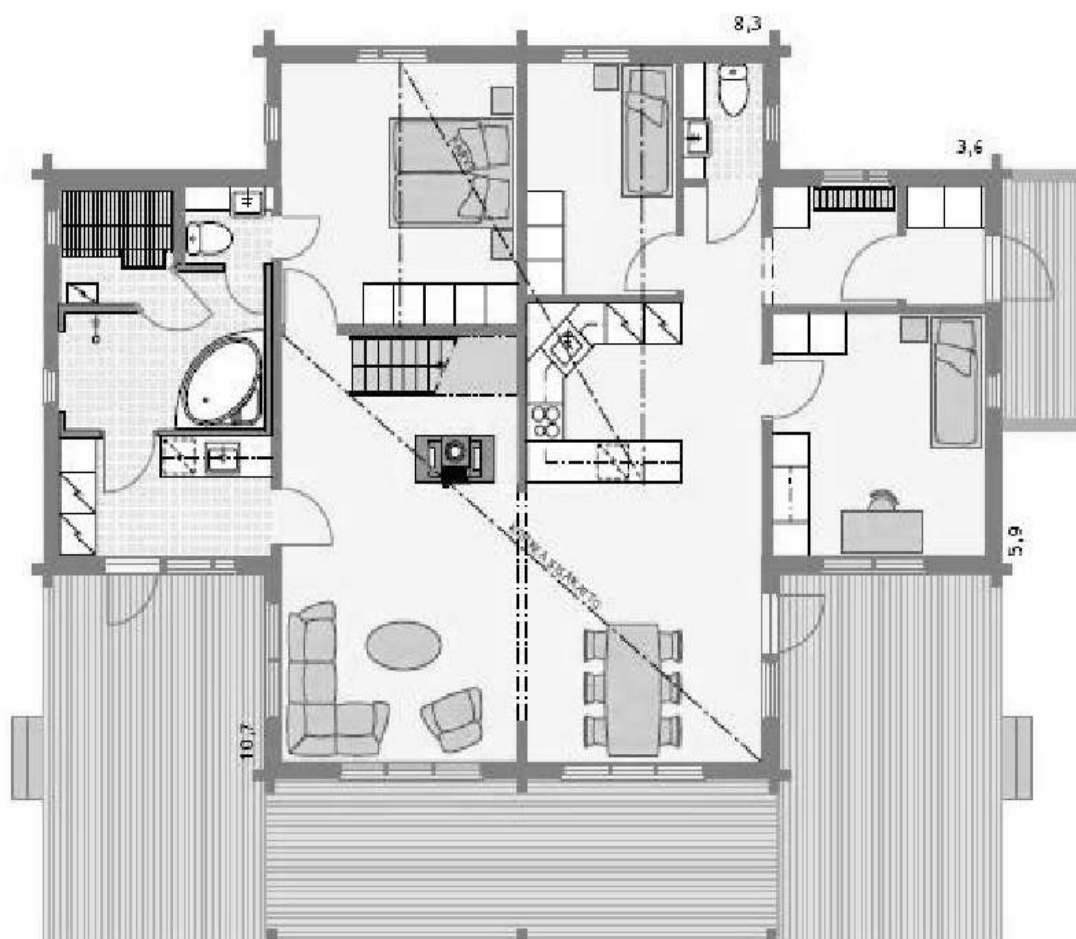
ANEXO II - Modelo "Lapponia 208" da Lapponia House**Figura 44** - Planta modelo "Lapponia 208" (Spring Construções, 2013)



Figura 45 - Modelo "Lapponia 208" (Spring Construções, 2013)

ANEXO III - Modelo "M.1+" da Modular System

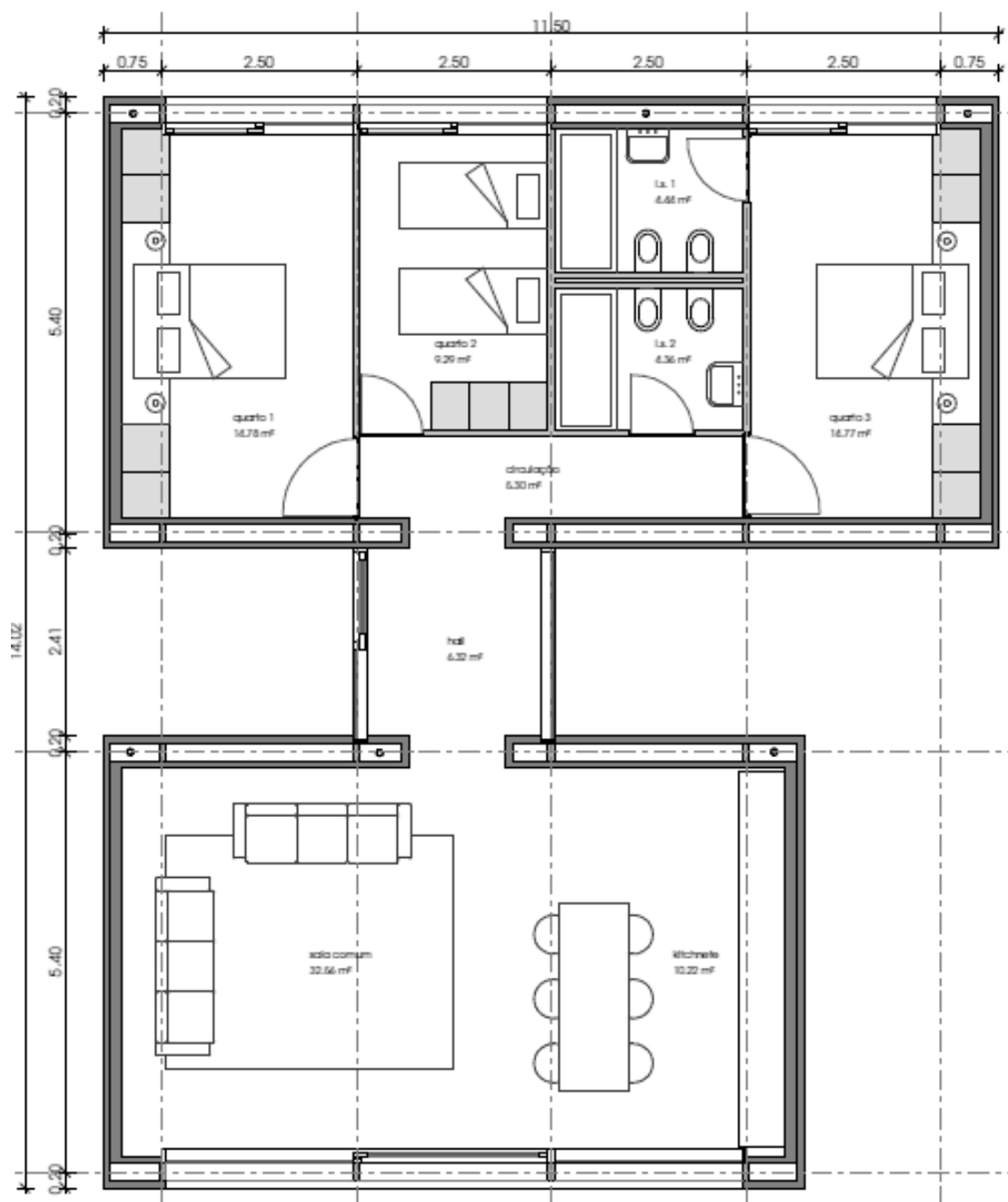


Figura 46 - Planta modelo "M.1+" (ModularSystem, 2003)

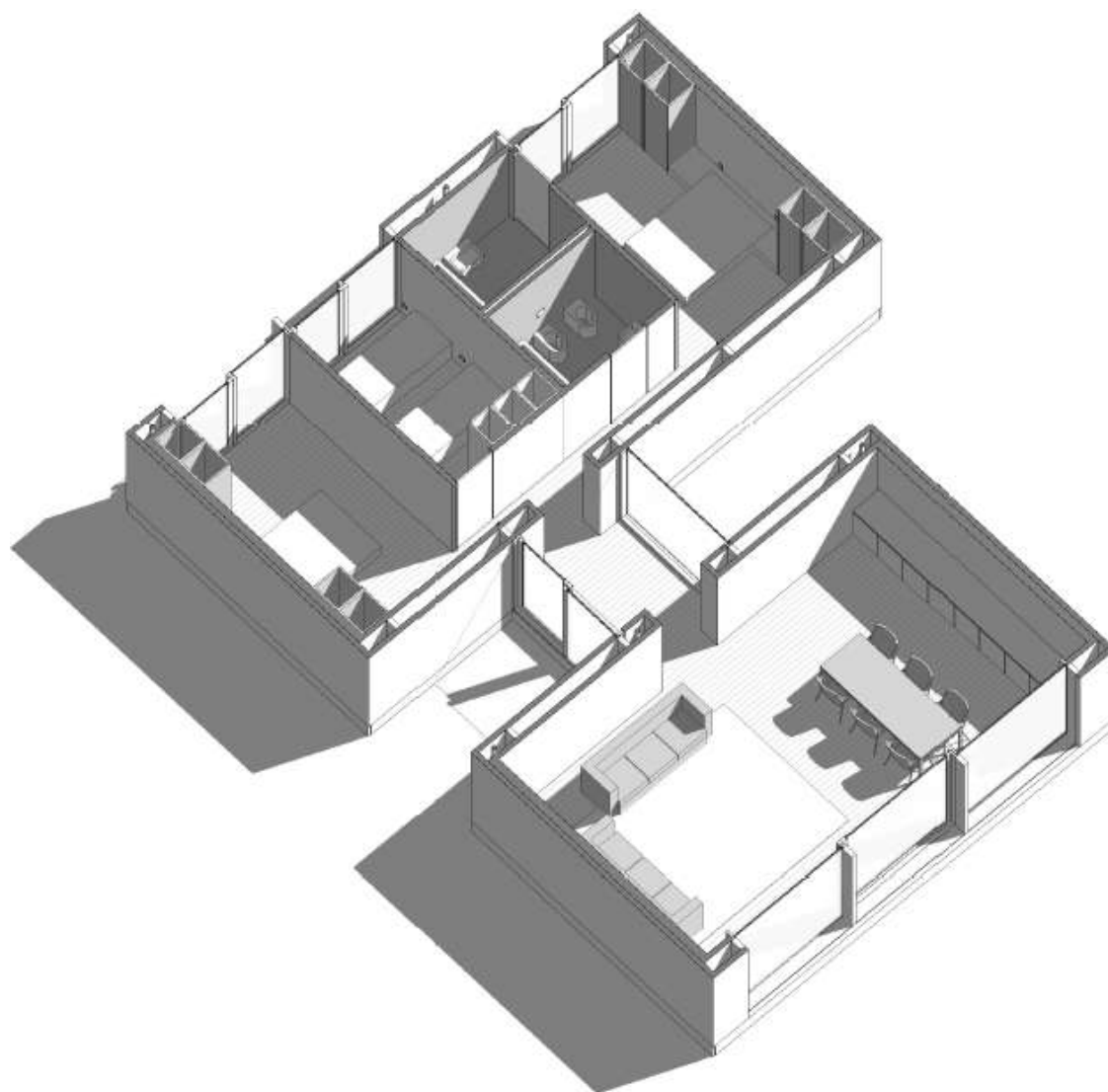


Figura 47 - Desenho modelo "M.1+" (ModularSystem, 2003)

ANEXO IV - Orçamento Imowood

Tabela 18 - Orçamento

ORÇAMENTO			
	Destinatário	Fábio Pires	Referência
	Casa de Madeira	LM - 3200	60
	Local da Obra	Aveiro	2013

Tabela 19 - Orçamento detalhado

Designação dos Trabalhos a Realizar		Un.	Quant.	Valores Totais por Espessura das Paredes Exteriores Duplas e Interiores Simples	
				Madeira Maciça KVH	Madeira Lamelada Colada MLC
				80/80/80	80/80/80
1. PROJETOS					
1.1	Projetos e respetivas especialidades	un.	1	2.250,00 €	2.250,00 €
Total do Capitulo				2.250,00 €	2.250,00 €
2. KIT					
2.1	Estrutura da Cobertura e Isolamentos	m²	198,27	9.913,50 €	9.913,50 €
2.2	Paredes Exteriores Simples ou Duplas C/ Caixa de Ar	m²	123,76	14.851,20 €	17.326,40 €
2.3	Paredes Interiores Simples	m²	103,04	6.182,40 €	7.212,80 €
2.4	Pilares nas Varandas e Telheiros	un.	7,00	700,00 €	700,00 €

2.5	Grades nas Varandas e Telheiros	ml	22,25	1.112,50 €	1.112,50 €
Total do Capítulo				32.759,60 €	36.265,20 €
3. MÃO-DE-OBRA					
3.1	Mão-de-obra para montagem do Kit Estrutural	m ²	198,27	10.904,85 €	12.887,55 €
Total do Capítulo				10.904,85 €	12.887,55 €
4. PORTAS e JANELAS					
4.1	Portas de Entrada Exteriores	un.	0,00		
4.2	Portas Interiores (PORTAROS)	un.	7,00	1.750,00 €	1.750,00 €
4.3	Janelas e Portas de Sacada	m ²	19,46	5.838,00 €	5.838,00 €
4.4	Venezianas das Janelas e Portas de Sacada	m2	0,00		
Total do Capítulo				7.588,00 €	7.588,00 €
5. CONSTRUÇÃO CIVIL					
5.1	Escavação e Movimentação de Terras	m3			
5.2	Execução da Base	m2	137,75	6.887,50 €	6.887,50 €
5.3	Fornecimento e Aplicação das Betonilhas	m2	137,75	1.377,50 €	1.377,50 €
5.4	Fornecimento e Aplicação do Revestimento da Cobertura	m2	198,27	4.956,75 €	4.956,75 €
5.5	Fornecimento e Aplicação do Revestimento dos Tetos	m2	198,27	4.461,08 €	4.461,08 €
5.6	Fornecimento e Aplicação do Revestimento dos Pavimentos	m2	137,75	4.132,50 €	4.132,50 €
5.7	Fornecimento e Aplicação dos Azulejos nas Paredes	m2			
Total do Capítulo				21.815,33 €	21.815,33 €
6. INFRA-ESTRUTURAS					
6.1	Fornecimento e Aplicação das Instalações Elétricas	un.	25,00	937,50 €	937,50 €
6.2	Fornecimento e Aplicação das Instalações Telefônicas	un.	0,00		

6.3	Fornecimento e Aplicação das Redes de Águas	un.	3,00	1.125,00 €	1.125,00 €
6.4	Fornecimento e Aplicação das Redes de Esgotos	un.	3,00	1.125,00 €	1.125,00 €
6.5	Fornecimento e Aplicação da Rede de Gás	un.	1,00	375,00 €	375,00 €
Total do Capítulo				3.562,50 €	3.562,50 €
7. EQUIPAMENTOS					
7.1	Fornecimento e Aplicação de Bancadas de Cozinha	ml			
7.2	Fornecimento e Aplicação dos Roupeiros	ml			
7.3	Fornecimento das Louças Sanitárias e Respetivos	un.	2,00	3.000,00 €	3.000,00 €
7.4	Fornecimento e Aplicação de Lareira e Chaminé	un.			
7.5	Fornecimento e Aplicação de Fossa Séptica	un.	1,00	2.500,00 €	2.500,00 €
Total do Capítulo				5.500,00 €	5.500,00 €
8. PINTURAS					
8.1	Fornecimento e Aplicação de todas as Pinturas	m2	473,78	7.106,70 €	7.106,70 €
Total do Capítulo				7.106,70 €	7.106,70 €
9. LOGISTICA (Só para obras a + de 50 KM de Vila de Rei)					
9.1	Transporte de todo o material para a Obra	km	144,00	3.997,12 €	5.995,68 €
9.2	Deslocações do Pessoal da Montagem	km	144,00	2.569,58 €	4.568,14 €
9.3	Alojamentos e Alimentação do Pessoal da Montagem	m2	198,27	2.775,78 €	4.163,67 €
Total do Capítulo				9.342,48 €	14.727,50 €
Total do Orçamento				100.829,46 €	111.702,77 €